



Instituto Politécnico de Tomar – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
(Departamento de Geologia da UTAD – Departamento de Território, Arqueologia e Património do IPT)

MESTRADO EM ARQUEOLOGIA PRÉ-HISTÓRICA E ARTE RUPESTRE



MASTER ERASMUS MUNDUS EM QUATERNARIO E PRÉ-HISTÓRIA

*“Le produzioni fittili tra il Bronzo Antico ed il
Bronzo Medio nell’ area Toscana e l’influenza
delle risorse naturali locali sulle tecniche di
fabbricazione e sulle caratteristiche dei
manufatti”*

Massimo Beltrame

Relatori:

Prof.ssa Lucia Sarti

Prof. Davide Delfino

Correlatore:

Dott. Pasquino Pallecchi

Dott. Patrick Scmidth

Anno Accademico 2011/2012



INDICE

INDICE	p.3
--------	-----

PARTE I

1	Introduzione	p.7
2	L'Italia centrale medio tirrenica tra l'età del Rame e l'età del Bronzo: un breve quadro culturale	p.8

PARTE II

3	La ceramica	p.16
3.1	<i>Alcuni cenni di storia: "Dall'argilla alla ceramica"</i>	p.17
3.2	Le componenti dell'impasto ceramico	p.19
3.3	La materia prima	p.20
3.4	L'argilla	p.21
3.4.1	La struttura dei minerali argillosi	p.22
3.4.2	I minerali argillosi: la componente principale dell'impasto ceramico	p.24
3.4.3	Le proprietà delle argille	p.31
3.5	Lo smagrante: la seconda componente dell'impasto argilloso	p.36
4	<i>Le produzioni ceramiche durante l'età del Bronzo: dalla materia prima alla realizzazione del manufatto</i>	p.40
4.1	L'approvvigionamento della materia prima	p.41
4.2	La preparazione dell'impasto ceramico	p.42
4.3	La foggatura	p.43
4.4	L'essiccamento	p.45
4.5	La cottura dei materiali ceramici	p.46

PARTE III

5	<i>Il sito archeologico di Via Neruda</i>	p.53
5.1	Inquadramento geologico e geomorfologico della piana fiorentina	p.54

5.2	Modalità insediative ed aspetti culturali nella piana di Sesto Fiorentino: dalle prime manifestazioni Mesolitiche alla Media età del Bronzo	p.57
5.3	Lo scavo di Via Neruda	p.66
5.4	La stratigrafia	p.67
5.5	Le strutture	p.60
5.6	Inquadramento cronologico dei materiali ceramici	p.72
6	<i>Materiali e metodi</i>	<i>p.74</i>
6.1	I materiali	p.75
6.2	Studio dei materiali e campionamento	p.77
6.3	Studio petrografico dei campioni	p.79
6.4	Diffrazione ai raggi X	p.80
6.5	Determinazione qualitative e quantitative delle componenti mineralogiche mediante spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier (FT-IR)	p.82
6.6	La cottura dei materiali ceramici: protocollo sperimentale	p.87
6.7	Campionamento della materia prima	p.88
7	<i>Risultati analitici</i>	<i>p.89</i>
7.1	Risultati dell'osservazione al microscopio ottico	p.89
7.1.1	I gruppi di impasto	p.94
7.2	Risultati dello studio petrografico dei campioni	p.119
7.3	I risultati XRD e FT-IR degli impasti	p.138
7.3.1	I risultati XRD	p.140
7.3.2	Risultati FT-IR	p.142
7.4	Campionamento e studio della materia prima	p.144
7.5	Esperimenti termici	p.149

PARTE IV

8	<i>discussione</i>	<i>p.154</i>
----------	---------------------------	---------------------

PARTE V

9	<i>Confronto con altri contesti archeologici dell'età del Bronzo della regione Toscana</i>	<i>p.163</i>
----------	---	---------------------

PARTE VI

10	Conclusioni	p.170
	Bibliografia	p.171
	Appendice	p.183
	Rassunto	p.187
	Abstract	p.189
	Resumo	p.191

PARTE I

*Descrizione della problematica e inquadramento
storico culturale del versante medio tirrenico
dell'Italia centrale tra l'età del Rame e l'età del
Bronzo*

1. Introduzione

La ricerca ,oggetto di questo lavoro di tesi, si occupa dello studio archeometrico del repertorio fittile proveniente dal sito archeologico di Via Neruda, nel comune di Sesto Fiorentino (Firenze Italia). La scoperta del sito risale al 1999 in seguito a lavori di lottizzazione che interessavano l'area in questione, tra Viale Pasolini e Via dei Giunchi. Lo scavo, effettuato in emergenza tra il giugno e il settembre del 1999 ha interessato un'area complessiva di di 386 mq, ed è stato condotto sotto la direzione scientifica della sezione di Preistoria dell'Università degli Studi di Siena e di Firenze, su incarico della Soprintendenza dei Beni Archeologici della Toscana. Il materiale archeologico è completamente inedito ed in fase di studio sotto la responsabilità della Prof.ssa Lucia Sarti, relatrice di questo lavoro di tesi. Lo studio tipologico del materiale ceramico permette, grazie ai dati forniti in via preliminare dalla Dott. ssa Romoli Federica che svolge il dottorato di ricerca presso l'Univeristà di Siena, di inquadrare cronologicamente il sito tra la seconda e terza fase locale del Bronzo Antico e l'inizio del Bronzo Medio e precisamente tra il 3880 +/- 80 BP e il 3630 +/- 80 BP (Sarti 2000). Inoltre questo studio è strettamente collegato alla ricerca svolta dalla Dott. ssa Coradeschi Ginevra, la quale ha svolto la seguente tesi di ricerca : "L'insediamento dell'antica età del Bronzo di Via Neruda a Sesto Fiorentino (FI): lo sfruttamento delle risorse arboree".

In questo contesto, lo studio degli impasti ceramici darà un contributo molto importante per comprendere l'influenza delle risorse naturali locali sulle tecniche di fabbricazione e sulle caratteristiche dei manufatti.

Infatti l'attuale conoscenza dei manufatti ceramici ad oggi recuperati nell'area di Sesto Fiorentino (Pallecchi e Sarti 2001, Martini et alii 1996, Pallecchi 1997, Pallecchi e Sarti 2001, Agostini e Briani 2008, Martini et alii 1996, Briani 2005) non ha ancora sufficientemente spiegato le relazioni esistenti tra le risorse naturali disponibili e le conoscenze tecnologiche dell'epoca. A questo proposito, nell'ottica di ottenere precise indicazioni sulla scelta delle materie prime maggiormente utilizzate dalle popolazioni dell'epoca per le produzioni ceramiche, con riferimento particolare alle materie prime di origine gabbrico/ofiolitica, vengono studiate le ceramiche di Via Neruda. I risultati delle analisi sono stati in seguito elaborati in modo da ottenere informazioni sui criteri della scelta delle materie prime. Si potranno così individuare gli areali di approvvigionamento delle materie prime e il

diverso uso di queste nella fabbricazione dei manufatti studiati compreso eventuali manufatti ottenuti utilizzando materie prime non riconducibili alle risorse locali, quindi di importazione. Le informazioni ottenute dallo studio dei reperti ceramici del sito archeologico di Via Neruda verranno quindi confrontati con quelli di siti coevi, dell'area fiorentina, per ottenere un modello della dinamica tecnologica locale. Il modello ottenuto sarà quindi integrato con i dati disponibili per la toscana in modo da individuare la diffusione delle tecniche produttive osservata nell'area fiorentina. Partendo dal presupposto che i dati analitici ottenuti dalle analisi delle ceramiche di Via Neruda dovranno essere confrontati con quelli presenti in letteratura relativi ad altri siti, il lavoro ha come elemento di base l'applicazione delle metodiche classiche dello studio delle ceramiche di questo sito (osservazione di sezioni sottili al microscopio ottico polarizzatore, diffrazione a raggi X), affiancate da analisi FT-IR dei medesimi campioni. Inoltre particolare importanza ha lo studio delle proprietà refrattarie e della resistenza dei manufatti ottenuti con le diverse materie prime utilizzate.

2. L'Italia centrale medio tirrenica tra l'età del Rame e l'età del Bronzo: un breve quadro culturale

L'Eneolitico Toscano, ricco di ritrovamenti e testimonianze, possiede alcuni caratteri praticamente unici a livello nazionale. Infatti, difficili sono i confronti con le altre zone della penisola Italiana. Ad una grande quantità di ritrovamenti di carattere funerario e di altri, nelle vicinanze di aree minerarie con testimonianze di attività estrattiva e metallurgica, si contrappone una scarsità di siti archeologici con livelli abitativi. Negli ultimi 20-30 anni le ricerche per la comprensione di questo periodo storico e del suo collegamento con la "Facies Campaniforme", hanno subito una forte accelerazione. Basta accennare alla revisione di buona parte dei materiali di questo periodo (Cremonesi 1968, Cremonesi et alii 2001) e alle nuove ricerche svolte nelle grotte della Versilia e del Pisano dalla stessa Cremonesi prima, e da Daniela Cocchi Genik poi, le quali hanno evidenziato un nuovo aspetto locale denominato "Facies di Vecchiano". Inoltre nuovi scavi effettuati nel Grossetano, nel Senese e nell'Isola d'Elba hanno riscontrato nuove differenze rispetto alla parte Nord occidentale della regione e l'area di influenza della cultura del Rinaldone,

la quale occupava la zona compresa tra l'alto Lazio fino alla valle del fiume Fiora nel grossetano (Cocchi Genik e Cremonesi 1989).

Le ricerche effettuate hanno permesso di delineare un primo quadro generale del versante medio tirrenico dell'Italia centrale con alcuni aspetti locali differenziati tra loro sulla base di differenze nella tipologia della struttura tombale, nel rituale funerario, nella composizione del corredo, più o meno ricco di armi e altri oggetti metallici, offerte votive e nell'industria ceramica e litica.

In linea generale le modalità di sepoltura sono state suddivise in tre tipologie. Quelle in cavità naturali (Facies di Vecchiano), presenti nella zona nord occidentale della Toscana, nel Senese, nel Grossetano e nell'isola d'Elba. Quelle a fossa, sono state invece ritrovate nella fascia tra le Colline Metallifere e il Senese. Mentre le tombe a grotticella artificiale si concentrano tra il Lazio e Toscana fino a Colle Val d'Elsa.

A Partire dagli anni '80 gli scavi effettuati a Sesto Fiorentino hanno contribuito in maniera fondamentale ad arricchire il panorama storico/ archeologico Toscano, portando alla luce una serie di evidenze abitative all'aperto fino a quel momento sconosciute per l'età del Rame (Sarti, Martini 1993, Baioni et alii 2008) e individuando un carattere proprio della Toscana nord orientale. Il ritrovamento di siti archeologici con livelli abitativi precampaniformi, dell'inizio del III millennio A.C., con qualche attestazione di lavorazione metallo (Sarti 1998b), e di siti che si posizionano tra la metà alla fine del III millennio con l'inizio del Campaniforme, ha reso possibile una suddivisione di questo periodo sia sua base cronostatigrafica che in base alla tipologia delle produzioni ceramiche.

Degna di nota è inoltre la scoperta, sempre a Sesto Fiorentino, della presenza di ossidiana proveniente da Lipari a testimonianza dell'esistenza di contatti interregionali tra i gruppi toscani e quelli centro-meridionali (Sarti et alii 2001).

La particolare conformazione del territorio, ad esempio la valle dell'Arno, ha avuto un ruolo fondamentale, agevolando gli spostamenti delle persone e favorendo l'instaurarsi e l'ampliarsi di contatti tra i gruppi culturali dell'epoca nel versante medio-tirrenico dell'Italia centrale.

L'importanza e le potenzialità economiche della Toscana sono già ben note a partire dal III millennio a.C.. Infatti il procedere delle ricerche ha messo in evidenza come l'incremento di siti archeologici, e ad esempio la relativa abbondanza di prodotti metallici in Italia centrale e non solo, sia da associare all'individuazione di aree adibite ad attività di tipo

estrattivo e metallurgiche.

Significativi sono in tal senso i ritrovamenti nella zona mineraria di Campiglia Marittima, nella colline metallifere, ad opera di Fabio Fedeli (Fedeli 1995), area con evidenti tracce della lavorazione del rame; di Roccastrada, dove è stata scoperta una cava di estrazione del diaspro (Gambassini e Marroni 1998). O ancora lo sfruttamento dei materiali di origine ofiolitica, utilizzati per la creazione di impasti ceramici dalle caratteristiche refrattarie, estratti presso il Monte Ferrato nelle vicinanze di Prato (Martini et alii 1996, Agostini et alii 2008, Pallecchi 1997,2001).

A cavallo tra l'ultimo quarto del terzo millennio e l'inizio del secondo, in cronologia calibrata (Martini e Sarti 2000), iniziano a stabilirsi in Toscana le genti del Vaso Campaniforme, le quali sembrano bene inserirsi nel territorio, di cui ne sfruttano le risorse, la vie di comunicazione e le potenzialità. Una cultura definita "Cosmopolita" che ha lasciato tracce in buona parte dell'Europa centrale e occidentale (Harrison 1980). Tracce del fenomeno campaniforme si hanno in quasi tutta l'Italia continentale, ad eccezione del Friuli, e specialmente nell'Italia centrale tirrenica.

Sesto Fiorentino, e più in generale la piana Fiorentina, può essere considerato al momento il luogo di riferimento per la diffusione del Campaniforme nell'Italia medio-tirrenica.

L'impatto di questa cultura in termini di innovazione sociale, nei modelli insediativi/costruttivi, nella cultura materiale, nelle usanze funerarie e nei regimi economici di sussistenza fu così grande da lasciare un segno indelebile nell'area in questione, sostituendo ed in alcuni casi convivendo con le comunità eneolitiche dell'epoca. Infatti sono ancora in via definizione i rapporti intercorsi tra le popolazioni dell'eneolitico finale e l'espansione di questa nuova cultura. Ad esempio, in area fiorentina, risulta ancora non del tutto chiara la sovrapposizione di alcune datazioni assolute riferibili all'Eneolitico precampaniforme del sito di Via Leopardi (Sarti e Martini 1993, 2001) con alcune date del Campaniforme evoluto locale. Questo lascia pensare alla convivenza nello stesso momento storico di due *facies* culturali profondamente distinte. Lo stesso discorso vale anche per attestazioni coeve di Scandicci (Perazzi et alii 2007) e forse nell'area di Montelupo Fiorentino (Sarti & Martini 1993, 2001).

Pur nella sua originalità, non mancano le affinità con le altre produzioni campaniformi dell'Italia centrale tirrenica, al momento di minore entità. Connesso al Campaniforme del Lazio settentrionale costituisce un unico fenomeno culturale che supera i confini regionali

e abbraccia il medio e alto versante tirrenico (Griffoni Cremonesi et alii 1999). Importante è inoltre il Riparo della Romita di Asciano nel Pisano (Peroni 1962-63).

Le modalità insediative rispondono a scelte ricorrenti e nelle produzioni si individua uno stile comune, anche se con rielaborazioni locali del gusto ornamentale, tanto da individuare un aspetto medio tirrenico.

Come detto in precedenza Sesto Fiorentino ha fornito un nucleo di testimonianze "fondamentali" ed "uniche" in ambito Italiano con siti di abitato, in alcuni casi plurifase, che hanno permesso di documentare il passaggio tra le culture eneolitiche e la nuova cultura Campaniforme anche su base cronostatigrafica (Sarti 1995-1996, Baioni et alii 2008). Insediamenti all'aperto sono documentati nella Toscana interna, come nel fiorentino, mentre più rari sono gli insediamenti in grotta localizzati nella Toscana nord-occidentale. Tra questi ricordiamo ancora il Riparo della Romita e il Riparo dell'Ambra. Le sepolture sono generalmente in grotta e solo nel caso di Via Bruschi a Sesto Fiorentino (Sarti et alii 1987-88) sotto tumulo. Diverse sono state le ipotesi di inquadramento ed evoluzione (Sarti, in Martini et alii 1996, 1997a-b, Cocchi Genick 1998).

Per quanto riguarda il campaniforme in generale vi sono ancora molte problematiche che meritano un maggiore approfondimento. Alcune di esse sono, quali sono state le vie di penetrazione del Campaniforme in area fiorentina e nell'alto versante tirrenico e quali erano i rapporti di questa cultura con gli aspetti eneolitici locali.

A Sesto Fiorentino è stato possibile distinguere tre fasi (Leonini et alii 2008), di riferimento sia a livello regionale che nazionale, che evidenziano il momento iniziale di stile internazionale, la fase evoluta e la fase definita epicampaniforme (Sarti et al. 2001), dove si assiste ad un attardamento delle componenti prettamente campaniforme nel bronzo antico. La fase antica, definita di stile AOO internazionale (All Over Ornament), è molto rara ed è documentata a Neto-Via Verga (Sarti 1997), sovrapposto ad un livello eneolitico precampaniforme. Purtroppo non si hanno datazioni assolute per questa prima manifestazione. La struttura abitativa individuata, grossomodo di forma circolare e leggermente infossata, era composta da un piano di calpestio drenante di piccolo spessore formato da piccoli ciotoli (Sarti e Martini 1992). Il repertorio ceramico è caratterizzato dai tipici bicchieri con decorazione a bande eseguita a cordicelle o a pettine, mentre la litica si caratterizza per la presenza di foliati, raschiatoi e geometrici (Sarti 1997a).

La fase evoluta, che si colloca tra la fine del III millennio a.C. e l'inizio del II, è quella meglio documentata sia per il numero di siti scoperti, sia per la disponibilità di datazioni assolute poiché si riferisce ad un aspetto regionalizzato nel medio versante tirrenico. Numerose sono infatti le testimonianze archeologiche nel territorio Toscano. Oltre a quelle di Sesto Fiorentino documentate da Lucia Sarti e Fabio Martini di Simitella, Querciola (Sarti 1997), Lastruccia (Sarti e Martini 2002), Sassaiola (Volante 1999), Volpaia e Via Bruschi (Sarti et alii 1987-88), Olmi ricordiamo i ritrovamenti di carattere funerario della Versilia e della Grotta del Fontino nel grossetano, Consuma 2 nell'Aretino e Monte La Croce nel Senese (Cocchi Genik 1998), quelli laziali di Torre Crognola (Pennacchioni 1997) e di Fosso Conicchio (Fugazzola & Pellegrini 1999). Da questo momento in poi gli insediamenti in area fiorentina, anche di grande dimensione, hanno una fisionomia piuttosto omogenea. Sfruttano i paleoalvei come piani di superficie drenante (Sarti e Martini 2002, Leonini et alii 2006, Sarti e Martini 1992), preferendo ai rilievi le zone umide collocate a bassa quota lungo i bacini di laghi e fiumi.

Nella ceramica si possono individuare due componenti, quella decorata con forme proprie e quella di accompagnamento. Quelle decorate comprende prevalentemente forme basse e compresse a profilo sinuoso (soprattutto tazze e scodelle) dove rari sono diventati i bicchieri. La decorazione si concentra nella parte superiore del recipiente con una fascia centrale più ampia, che consiste in fasce orizzontali campite con motivi triangolari, sottolineata da altre più sottili, eseguite a pettine, punzone, incisione mentre rara è la decorazione a cordicelle. Quella di accompagnamento, più abbondante rispetto la fase antica, lascia trasparire in alcune varianti tipologiche una continuità con la tradizione precampaniforme, altre invece con ambienti campaniformi italiani, dell'Italia centrale e con il repertorio Europeo.

La fase finale, o Epicampaniforme, attesta il perdurare del Campaniforme nei primi secoli del II millennio e il suo attardamento in contesti del Bronzo Antico. Per la definizione delle facies esistenti e la loro periodizzazione, nel periodo compreso tra il bronzo antico e medio, è ancora di riferimento la suddivisione proposta al Convegno di Viareggio dalla Cocchi Genick nel 1995 (Cocchi Genick 1996), e successivamente aggiornata (Cocchi Genick e Sarti 2001). Tra le stratigrafie di riferimento che documentano questa prima fase del Bronzo Antico ricordiamo i siti archeologici di Sesto Fiorentino come Lastruccia 1-2-3, Termine Est e Madonna del Piano (Sarti 1995-96, Sarti & Martini 2000), dove è stato

possibile suddividere il Bronzo Antico in tre fasi locali (Sarti et alii 2001), quella del Riparo della Romita di Asciano nel Pisano (Peroni 1962-63) oltre al sito di Candalla (Cocchi Genick 1997) nella Toscana nord-occidentale, e Santa Maria in Belvedere per l'area Senese (Balducci et alii 2007).

Nei primi secoli del Bronzo Antico, la tradizione campaniforme mantiene ancora un forte peso nell'organizzazione dello spazio abitato, nei regimi economici e negli artigianati. Nell'area fiorentina, e più in generale nei territori a nord dell'Arno l'influenza Campaniforme è ben evidente nella cultura materiale.

In un momento più avanzato del Bronzo Antico, in maniera più o meno evidente a seconda della zona, la tradizione perdura nello stile decorativo ma si assiste ad un rinnovamento generale del repertorio vascolare che prelude a modelli che si diffonderanno nella fasi finali del Bronzo Antico e l'inizio del Bronzo Medio. Inoltre sono evidenti una serie di elementi comune a tutti i gruppi territoriali individuati. Tutte indicazioni di una rapida circolazione delle informazioni, modelli, gusti decorativi, tramite contatti interregionali già caratteristica di tutto l'eneolitico precampaniforme.

In linea generale in questa prima fase, denominata 1A (Cocchi Genick et alii 2001), del Bronzo Antico sono stati individuati diversi gruppi con caratteristiche abbastanza autonome, accomunate, come detto prima, da una serie di elementi abbastanza consistenti. Questi sono il gruppo di Sesto Fiorentino, a cui si può aggiungere il Riparo della Romita di Asciano e i siti della Toscana nord-occidentale, il gruppo dello Scoglietto in cui confluiscono i siti del Grossetano e il complesso di Rosignano Marittimo nel Livornese, quello del Beato-Benincasa che dalla zona circostante la montagna di Cetona si estende fino al territorio di Terni.

Segue una seconda fase, denominata da Cocchi Genick (2001), 1B, in cui la componente Campaniforme diventa sempre meno consistente. Ormai siamo nel momento terminale del Bronzo Antico, ed incomincia ad essere abbastanza evidente l'uniformità culturale tra le diverse aree. Di rilievo sono le somiglianze tra il repertorio ceramico dei siti di Lastruccia (Sarti e Martini 2000), Riparo delle Felci di Candalla (Cocchi Genick 1996) e il sito di Poggio Fornello nel Grossetano.

In un ambiente così predisposto ai contatti subentrano agevolmente fattori di diversa natura che concorrono ad accelerare la tendenza verso la progressiva omogeneità culturale

dei vari gruppi locali. Questa fase di passaggio o preparatoria vede affiancare ai caratteri locali, delle forme comuni a circuiti più ampi. Infatti nel territorio fiorentino durante la seconda fase del Bronzo Antico e l'inizio del Bronzo Medio l'indicatore ceramico individua una linea di sviluppo che, conduce ad una significativa attestazione di nuove morfologie legate a circuiti diversi, specialmente dell'ambiente terramaricolo e poladiano (Balducci et alii 2007). Successivamente si assisterà allo sviluppo di un'unica entità culturale, quella di Grotta Nuova che influenzerà quasi tutta l'Italia centrale, e in misura diversa la parte settentrionale della Toscana fino alla Romagna e all'Emilia orientale.

Una considerazione del tutto diversa merita la zona del Senese, che comprende i siti della montagna di Cetona. Qui, il gruppo denominato da Cocchi Genick (Cocchi Genik & Sarti 2001) del Beato- Benincasa è contraddistinto da un repertorio vascolare particolare dove determinati modelli perdurano in maniera immutata per tutto il Bronzo antico e i primi momenti del Bronzo medio (Carancini et alii 1996). Si potrebbe definire un isolamento di questo gruppo che, inizialmente, non partecipa a quel fenomeno di circolazione e condivisione di informazioni in cui la maggior parte del territorio Toscano è coinvolto. Soltanto nel Bronzo medio si assiste ad un passaggio graduale verso Grotta Nuova, testimoniato dalla successione stratigrafica del Riparo del Capriolo (Balducci et alii 2007), con elementi locali affiancati da apporti diversi.

PARTE II

*La ceramica, la materia prima e le sue proprietà
e le produzioni ceramiche in età preistorica*

3 La ceramica

La ceramica, dal greco "*keramos*", fu il primo prodotto sintetico creato dall'uomo. La familiarità di questo tipo di reperto, con gran parte degli scavi archeologici e non, è dovuta principalmente al fatto che la tecnologia utilizzata per la produzione era caratterizzata da un basso contenuto tecnologico e dall'uso comune degli oggetti prodotti. Inoltre, le sue buone caratteristiche conservative, garantite dall'inerzia chimica, hanno fatto sì che per i siti archeologici degli ultimi diecimila anni, la ceramica sia stato il materiale più abbondantemente rinvenuto (Renfrew & Bahn 2008). Oltretutto la materia prima era facile da reperire, la manodopera richiesta poteva anche non essere specializzata ed era in certi casi prodotta come surrogato molto economico di oggetti più preziosi.

Queste caratteristiche quindi hanno disincentivato progressi tecnologici significativi, che sono quindi sporadici, con tecniche di produzione e attrezzature immutate per secoli. La ceramica rappresenta quindi un tracciante molto diffuso geograficamente e stratigraficamente talvolta quasi continuo.

Conoscendone la larga diffusione e gli usi che se ne facevano nell'antichità, specialmente in ambito casalingo e commerciale, lo studio di questo materiale viene condotto attraverso l'analisi del reperto in laboratori di archeometria specializzati, affiancato eventualmente da prove sperimentali di cottura su materie prime opportunamente selezionate. Nel passato invece l'oggetto veniva studiato soltanto per quello che era (forma, stile, ornamentazione) ignorando gli aspetti tecnologici. Le tecniche di cui la scienza dispone oggi permettono di caratterizzare il materiale archeologico e di determinare se un manufatto è di produzione locale o di importazione, l'area di produzione e il livello tecnologico raggiunto per una certa produzione (Tite 2001). Proprio questo ultimo aspetto, cioè quello tecnologico, è la strada più battuta da molti ricercatori per la caratterizzazione del materiale. Di conseguenza, per quanto concerne la ceramica, risulta indispensabile ricostruire la catena operativa, conoscere i processi di lavorazione e la materia prima utilizzata e comprendere quali siano state le scelte del ceramista nella ricerca del materiale più idoneo per la creazione dell'impasto e quindi alle conoscenze tecnologiche che stavano alla base della produzione (Whitbread 2001).

3.1 Alcuni cenni di storia: "Dall'argilla alla ceramica"

L'uso dell'argilla da parte dell'uomo risale ad un'epoca ben più antica rispetto all'invenzione della ceramica, con certezza sappiamo che l'argilla era utilizzata dalle popolazioni paleolitiche per modellare figure ornamentali a tutto tondo. Ne sono un esempio le due statuette di bisonti ritrovate nel sito francese di Tuc d'Audoubert (MacCurdy 1912), modellate ma non cotte. Ma le popolazioni preistoriche non tardarono a comprendere che se l'argilla veniva cotta, induriva diventando resistente al tempo e al degrado. Risale agli anni 70 la scoperta Dolní Věstonice, nella vecchia Cecoslovacchia, delle famosissime "Venus", figure femminili dalle forme prosperose collegate al culto della fertilità, risalenti a circa 30.000 B.C. (Zimmerman and Huxtable 1971), alcune delle quali erano composte da argilla e ossa di mammut frantumate. Un altro esempio, ma in questo caso più recente, è la statuetta ceramica antropomorfa datata all'incirca 17 000 BC ritrovata a Maina, in Russia (Vandiver e Vasil'ev 2002). Tutto questo conferma che l'uomo già nel paleolitico, fosse a conoscenza delle principali caratteristiche di questo tipo di materiale. Sapevano che l'argilla miscelata con acqua acquista plasticità e può quindi essere facilmente modellata e che le sue proprietà meccaniche miglioravano nel caso in cui venisse aggiunta una seconda componente a granulometria più grossolana, che manteneva la forma una volta seccata ed infine, se a contatto con una fonte di calore, induriva diventando resistente.

Inizialmente all'argilla veniva soltanto modellata e lasciata seccare al sole per la creazione di contenitori, utili per immagazzinare semi, frutti oppure erbe (Rice 2005, p8).

Le prime evidenze dell'uso della ceramica come oggetto "quotidiano" risalgono a circa 14500-13800 BC in Cina, ritrovate nei siti di Yuchanyan e Miaoyan (Zhao e Wu 2000); a 14500-13500 BC in Giappone, afferenti alla ceramica tipo Jomon (Habu 2004); a 14100-12800 BC le ceramiche ritrovate nel bacino del fiume Amur (Kuzmin 2006); a 12500-10500 quelle ritrovate in Siberia (Kuzmin e Vetrov 2007). Sembrerebbe quindi che, data l'incertezza cronologica delle datazioni, nell'est dell'Asia la ceramica c'è comparsa all'incirca 14000 BC.

Nonostante tutto una nuova scoperta in Cina ha portato di recente alla luce nuove evidenze nel sito archeologico di Xianrendong, nella provincia di Jiangxi, che sembra

arretrare di 6000 anni la produzione dei primi oggetti ceramici da parte di una comunità di cacciatori raccoglitori (Wu et alii 2012), diventando in questo modo le più antiche di tutta l'Asia. I livelli archeologici contenenti la ceramica sono stati infatti datati a 20000 B.C.. Questo sembrerebbe dimostrare che almeno in questa parte del mondo la ceramica non fosse soltanto ad appannaggio di popolazioni sedentarie, ma anche a popolazioni con strategie di sussistenza completamente diverse, dedite alla caccia e alla raccolta.

Per quanto riguarda l'Europa e il vicino oriente l'utilizzo di vasi ceramici è successivo. Le più antiche testimonianze dell'uso dell'argilla per usi domestici sono riferibili ad un periodo pre-ceramico, datate all'incirca 10000 B.C., sono state rinvenute negli insediamenti di Jarmo e Jericho, nella mezza luna fertile. Qui sono state portate alla luce diverse testimonianze, come fosse per lo stoccaggio di generi alimentari rivestite di argilla, ciotole semplicemente seccate al sole, oltre a diversi focolari (Amiran 1965, 242). Non è difficile perciò immaginare che dopo aver conosciuto le caratteristiche meccaniche dell'argilla, l'uomo abbia deciso di sperimentare la cottura del materiale per la creazione di oggetti più resistenti. L'apparizione di contenitori ceramici nei siti archeologici, per quanto riguarda l'Europa e il vicino oriente, è interpretata come il passaggio da uno stile di vita nomade, tipico di cacciatori raccoglitori del paleolitico e del mesolitico dediti alla caccia e alla raccolta, ad uno stile di vita sedentario. Di conseguenza si assiste ad un totale cambiamento delle strategie di sussistenza e alla formazione dei primi villaggi, tipico delle nuove popolazioni neolitiche dedite all'agricoltura e all'allevamento. Il cambiamento appena descritto è definito "Rivoluzione Neolitica", che si diffonderà nei secoli a venire dal medio oriente a tutta l'Europa. Le ceramiche più antiche, 8500-8000 B.C., sono state rinvenute in Turchia nel sito archeologico di Çatal Hüyük (Mellart 1964,1965). Ricontri etnografici hanno anche messo in evidenza come ci sia una stretta relazione tra la produzione ceramiche e il sedentarismo, e scarse siano le popolazioni nomadi che producono questo manufatto (Rice 2005, p 9). Nella fase storica sopra citata l'uomo ha cominciato ad utilizzare l'argilla in maniera sistematica, creando oggetti per uso domestico. A tutti questi cambiamenti nello stile di vita è associato un repertorio di utensili, e la ceramica è di sicuro il più importante. L'uomo non è più nomade, ma si stabilisce in pianta stabile un territorio sfruttandone le risorse che l'ambiente gli mette a disposizione. Per quanto riguarda il nuovo mondo, le attestazioni di ceramica sono molto più recenti rispetto agli altri continenti del pianeta. In ogni caso la comparsa della

tecnologia ceramica nelle Americhe è correlata alla transizione all'orticoltura e al sedentarismo nei periodi successivi la fine del pleistocene, e sembra essersi sviluppata in diversi centri indipendentemente l'uno dall'altro. Le attestazioni (2500 BC) più antiche sono state ritrovate a Valdiva, nelle coste dell'Ecuador (Meggers e Evans 1966; Bischof e Viteri Gamboa 1972). Ritrovamenti più recenti risalenti all'incirca tra il 2500 e il 2000 BC sono stati portati alla luce in Colombia (Riechel-Dolmatoff 1961), nella costa pacifica del Messico (Brush 1965) e nel sud degli Stati Uniti (Sears e Griffin 1950).

3.2 Le componenti dell'impasto ceramico

Per la realizzazione di un manufatto ceramico occorre partire dalla preparazione di un impasto modellabile i cui componenti fondamentali sono l'argilla, l'acqua (per renderlo plastico) e il combustibile (per la cottura).

L'argilla è una roccia detritica caratterizzata da granulometria fine, minore di 0,0039 mm (oppure 3,9micron), e dalla presenza di minerali argillosi che ne costituiscono la componente principale. Insieme ai minerali argillosi si possono trovare altri composti quali silicati, carbonati, materiali organici, etc. Quando questi componenti sono presenti in quantità modeste (al di sotto del 40-50%) la componente argillosa è troppo elevata e può essere soggetta ad un eccessivo ritiro durante l'essiccazione e la cottura con conseguente distorsione e fessurazione del manufatto. Per ovviare a questo si aggiunge una opportuna quantità di materiali non argillosi noti con i termini di smagrante, dimagrante, inerte, inclusi, etc.

Spesso insieme alle argille vi sono detriti anche grossolani, in questo caso non è necessario aggiungere smagrante.

Per la realizzazione di manufatti ceramici ,quindi, sono necessarie tre componenti fondamentali la materia prima a componente argillosa, l'acqua per la preparazione dell'impasto ceramico e il combustibile per la cottura.

3.3 La materia prima

La materia prima è costituita, da due componenti fondamentali: l'argilla ed una componente non plastica, lo smagrante. L'argilla, costituita essenzialmente da minerali argillosi, è la componente principale: ne esistono di diversi tipi e vengono suddivise in base alle caratteristiche strutturali, alla plasticità e al grado di refrattarietà. Lo smagrante può essere già presente all'interno dell'argilla, oppure essere aggiunto in un secondo momento. Lo smagrante presente insieme ai minerali argillosi, nell'argilla, varia a seconda delle caratteristiche geolitologiche dell'area; mentre la scelta dello smagrante da aggiungere invece dipende dalla disponibilità del materiale, dalle preferenze del ceramista e dalle caratteristiche che si vogliono impartire al manufatto. Nell'impasto può essere presente inoltre una componente organica costituita da materiale aggiunto volontariamente dal ceramista. L'impasto non ha una "formula" precisa, esso varia da zona a zona, da tradizione a tradizione. Di seguito sono riportati in tabella (Tabella 1) le componenti di un impasto ceramico.

Funzione	Materiale	Componenti principali
Plastica	Minerali argillosi	Kaolinite
		Illite
		Vermiculite
		Clorite
		Smectite/Montmorillonite
Smagrante	Min. non argillosi	K-Feldspati, quarzo
		Pirosseni /anfiboli
		Ematite / Ghoetite etc
		Miche
		Calcite, dolomite
	Frammenti di	Detriti di rocce silicatiche

	roccia	o carbonatiche.
	Chamotte	
	Materiale organico vegetale	Frammenti di piante, radici, semi

Tabella 1. Principali componenti un impasto ceramico

3.4 L'argilla

La componente principale della ceramica è l'argilla, dal greco "κεραμος". Roccia sedimentaria poco coerente, costituita principalmente da fillosilicati (silicati idrati di alluminio). L'argilla è largamente diffusa su tutta la crosta terrestre. Basta pensare che le rocce sedimentarie costituiscono ben il 66% delle rocce presenti nella superficie della terra (intesa come superficie di contatto tra litosfera e biosfera), mentre il restante è costituito da rocce di origine magmatica e metamorfica. È un materiale caratterizzato dall'aver una granulometria molto fine, dell'ordine dei micrometri (1/256 mm), è plastico, impermeabile, ha un forte potere adsorbente, è refrattario, ha un reticolo espandibile e si comporta come un colloide. Di conseguenza notevoli sono le applicazioni pratiche nei diversi settori dell'industria. La sua formazione è legata all'alterazione in ambiente esogeno dei minerali che compongono le rocce, essenzialmente silicati, grazie ai processi di alterazione meccanica e chimica, e dilavamento dei principali componenti della roccia, che comporta la formazione di un sedimento dalla granulometria molto fine. Successivamente il sedimento viene trasportato e depositato anche a grande distanze dalla zona di formazione.

Gli effetti dell'alterazione meccanica o chimica variano a seconda delle condizioni climatiche, alle caratteristiche chimiche, mineralogiche e tessiturali della roccia. Per esempio in climi freddi e secchi la frammentazione è dominante, dove il gelo e il disgelo dell'acqua gioca all'interno di crepe e fessure gioca un ruolo fondamentale nella disgregazione meccanica della roccia.

In climi umidi e caldi, come ad esempio nelle zone tropicali, l'alterazione chimica è il processo dominante essendo in funzione della temperatura, della quantità di precipitazioni, del drenaggio e dalle caratteristiche del solvente.

L'argilla quindi non è un roccia di formazione "primaria", ma è il prodotto di un complesso procedimento di selezione e riorganizzazione chimico-strutturale di minerali divenuti "instabili" a temperature e pressione ambiente. Il risultato è la formazione di un sedimento a granulometria molto fine che può essere trasportato anche a grandi distanze.

Le sue caratteristiche composizionali dipendono dalle caratteristiche geolitologiche della roccia madre, e dai minerali che la compongono. Una prima suddivisione è stata fatta da Ries (1927) che ha suddiviso le argille in base al tipo di roccia madre, al processo di alterazione e alla posizione del deposito rispetto la roccia di partenza. Perciò possiamo avere le argille primarie, o residuali, che sono ritrovate all'incirca nelle immediate vicinanze della roccia madre, e le argille secondarie o sedimentarie, che si sono depositate ad una certa distanza dalla roccia da cui hanno avuto origine. Inoltre a seconda delle condizioni di trasporto e di deposizione le argille possono essere ulteriormente suddivise in argille marine, fluviali, lacustri, formata dall'azione del vento oppure dall'erosione causata dai ghiacciai.

3.4.1 La struttura dei minerali argillosi

I minerali argillosi sono dei silicati idrati di alluminio costituiti principalmente da tre elementi fondamentali: il silicio e l'alluminio, alla quale si aggiunge l'acqua. Essi fanno parte della famiglia dei fillosilicati, dal greco *phyllon* (foglia), e sono costituite dalla ripetizione infinita di fogli sottilissimi di tetraedri di silicio a cui si uniscono ottaedri di alluminio, con un rapporto Si:O=5:2.

Dal punto di vista strutturale e delle proprietà che li caratterizzano, i minerali argillosi sono formati da due "pacchetti elementari", composti essenzialmente da silicio, alluminio, ossigeno, magnesio e gruppi idrossido, organizzati in strutture ordinate (Klein 2002:463).

La capacità di organizzarsi in strutture ordinate, è resa possibile dalla formazione di legami tra i vari elementi chimici, che si coordinano formando strutture geometriche ben

definite in base alla grandezza e alla carica degli elementi chimici che ne fanno parte (Klein 2002:56-63).

Nel caso specifico dei minerali argillosi il silicio condivide quattro elettroni con quattro atomi di ossigeno, formando un tetraedro, $(\text{SiO}_4)^4-$, con il silicio al centro del tetraedro e gli ossigeni posizionati ai quattro vertici del poliedro (Figura 1).

La struttura però non è elettricamente neutra. I tetraedri tendono così ad unirsi tra loro, polimerizzandosi, attraverso la condivisione degli ossigeni alla base del tetraedro, formando strutture dalla forma esagonale composte da tetraedri (Figura 1), sulla quale si posiziona un gruppo idrossido $(\text{OH})^-$, alla stessa altezza degli ossigeni apicali dei tetraedri

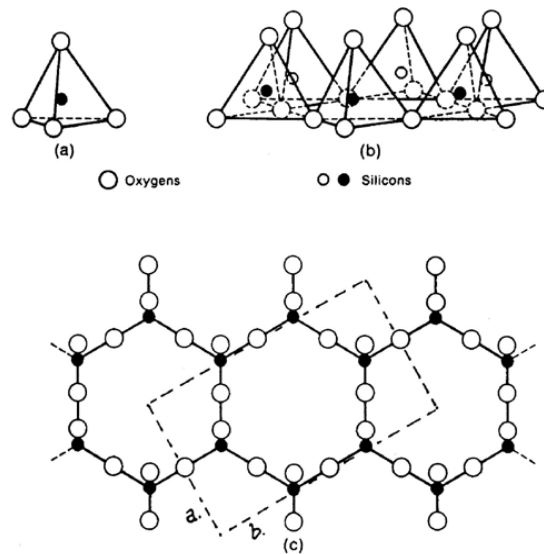


Figura 1: Rappresentazione grafica della struttura esagonale nello strato tetraedrico dei fillosilicati (Grim 1968)

A questo punto se uno ione esterno si combina alla struttura di tetraedri, può farlo solo in coordinazione ottaedrica (XO_6 con $\text{X} = \text{Mg}^{2+}$ o Al^{3+}), con due ossigeni e il gruppo idrossido $(\text{OH})^-$, come mostrato in figura 2.

Questo significa che alla struttura esagonale di tetraedri è possibile combinare una struttura regolare di ottaedri.

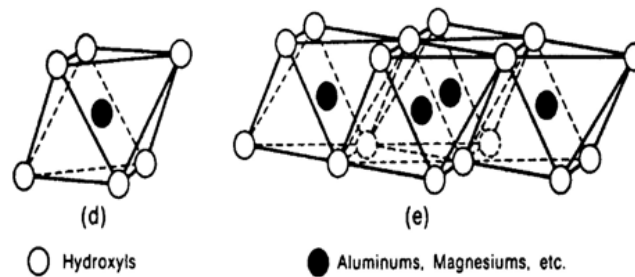


Figura 2: Rappresentazione grafica dello strato ottaedrico nei fillosilicati (Grim 1968)

Nel caso in cui alla struttura è legato un catione bivalente (Mg^{2+} o Fe^{2+}), il foglio ottaedrico viene definito di tipo brucitico o triottaedrico; nel caso in cui sia presente un catione trivalente (Al^{3+}) il foglio ottaedrico viene definito diottaedrico o gibsitico (Klein 2002).

Infine quando le due strutture di tetraedri e di ottaedri sono unite tra loro si ottiene una struttura a strati sovrapposti, tipica della Kaolinite (Figura 4), un minerale argilloso abbastanza diffuso.

3.4.2 I minerali argillosi: la componente principale dell'impasto ceramico

Il concetto di minerale argilloso è relativamente recente. Basta pensare all'inizio del novecento le argille erano considerate una sostanza amorfa dalle dimensioni estremamente piccole e non visibili a occhio nudo. Inoltre si pensava che l'unico minerale argilloso esistente fosse la Kaolinite, e che tutte le varietà esistenti fossero il risultato della presenza di impurità all'interno del kaolino (Ashley 1909).

Soltanto durante gli anni venti grazie alle nuove scoperte nel campo della fisica, accompagnate da nuove ricerche nello studio delle strutture e nelle proprietà delle particelle microscopiche (Rinne 1924), rivelarono che le argille non sono affatto amorfe, ma sono delle strutture solide cristalline estremamente fini aventi una struttura interna ed una organizzazione degli atomi ben definita (Hendricks 1942).

All'inizio degli anni trenta il concetto di minerale argilloso era largamente accettato con il

susseguirsi di numerose pubblicazioni sulla sua struttura mineralogica nel tentativo di classificarle (Ries 1927, Ross 1928, Keller 1964, Grim 1965).

Al giorno d'oggi i minerali argillosi sono suddivisi in base alla diversa successione degli strati tetraedrici e ottaedrici, alla presenza di cationi bivalenti o trivalenti (minerali argillosi di ottaedrici e triottaedrici) nello strato ottaedrico e dalla presenza di cationi interstrato che, assieme, ne determinano lo spessore. Si arriva così alla seguente classificazione:

- ☞ minerali argillosi con ripetizione del tipo TO (1:1), il cui motivo strutturale base è dato dall'unione di uno strato di tetraedri e di uno strato di ottaedri;
- ☞ minerali argillosi con ripetizione del tipo TOT (2:1), nel quale il pacchetto fondamentale è costituito da due strati di tetraedri con interposto uno strato di ottaedri (diottaedrici e triottaedrici), che possono essere distinti a loro volta in minerali argillosi a reticolo espandibile e non espandibile;
- ☞ minerali argillosi con ripetizione del tipo TOT-O (2:1:1 o 2:2), caratterizzato dall'associazione di un pacchetto triottaedrico di tipo 2:1, con uno strato brucitico.

Si riporta in tabella i principali minerali argillosi con il relativo spessore della cella elementare (Tabella 2).

Min. Argilloso	Caratteristiche del reticolo	Spessore caratteristico del pacchetto (Amstrong)	Bibliografia
Kaolinite	TO (1:1)	7.2	Kingery, Bowen e Uhlman 1976
Illite	TOT (2:1)	10	Caillère et al 1988
Vermiculite	TOT (2:1)	14.8	Klein 2002
Montmorillonite	TOT (2:1)	15	Kingery, Bowen e Uhlman 1976
Clorite	TOT+O (2:2)	14-14,3	Caillère et al 1988

Tabella 2 : Valori relativi allo spessore, espressi in Amstrong, della cella elementare dei minerali argillosi

Tra i minerali argillosi del tipo TO (1:1) la Kaolinite (Figura 3) , $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, è la fase mineralogica più comune. L'uso del termine Kaolino deriva dal cinese "kao lin o kau ling", che significa "colline alte", con riferimento alla regione presso Jingdezhen, nella provincia cinese di Jiangxi dove fu scoperto nel XVIII secolo (Rice 2005: 45), dove un'argilla bianca per la produzione di porcellana veniva estratta.

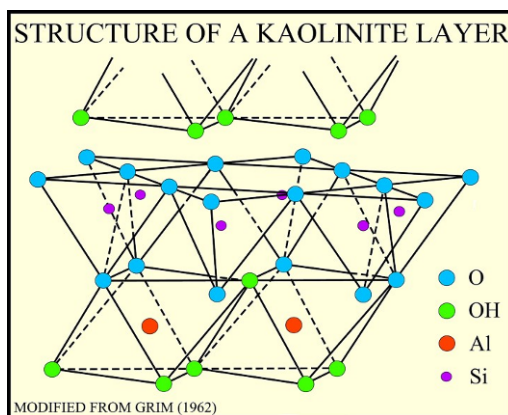


Figura 3 :struttura della kaolinite
[\(http://www.usgs.gov/\)](http://www.usgs.gov/)

La Kaolinite è il risultato di un'intensa attività di alterazione e successivo dilavamento dei principali di rocce ricche in feldspati e si forma specialmente in zone tropicali e sub tropicali. La kaolinite può essere sia residuale che di deposito sedimentario. La struttura della Kaolinite, come illustrato nel paragrafo precedente è data dalla successione di un livello di tetraedri con al centro il silicio e da un livello di ottaedri centrati dall'alluminio (Pollard e Herron 2008). Livelli tetraedrici ed ottaedrici adiacenti (ovvero appartenenti allo stesso pacchetto TO) sono collegati tra loro, principalmente, per condivisione di anioni ossigeno. In aggiunta, si instaurano più deboli legami ad idrogeno tra l'idrogeno dei gruppi ossidrilici dello strato ottaedrico e l'ossigeno di quello tetraedrico. I pacchetti TO che si succedono nella struttura della caolinite, sono, invece, tenuti insieme esclusivamente da legami ad idrogeno generati dall'interazione elettrostatica tra atomi di ossigeno e atomi di idrogeno di pacchetti TO contigui. Le particella di kaolinite sono generalmente di forma esagonali e piatte con un diametro che varia da 0,3 μm a 0,01 mm e all'incirca 0,05 μm in spessore (Rice 2005:45). Inoltre la dimensione piuttosto elevata delle particelle non la rende

molto plastica. Nella caolinite le sostituzioni isomorfe nei livelli tetraedrici ed ottaedrici sono limitate. Tanto basta per generare un altro minerale argilloso del gruppo TO (1:1) degno di nota, l'halloisite $[Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O]$. L'halloisite ha una struttura simile a quella della caolinite e si differenzia da quest'ultimo minerale per la presenza di molecole d'acqua in posizione interstrato tra i pacchetti TO.

Tra i minerali argillosi del gruppo TOT (2:1) quelli più comuni nel suolo sono le illiti (Figura 4), a reticolo non espandibile, le vermiculiti e le smectiti (a reticolo espandibile).

Con il termine illite vengono definiti i minerali delle argille, prevalentemente di ambiente marino (AA. VV. 1995, Rice 2005), la cui composizione e struttura sono affini a quella delle miche (Bradley e Grim 1961).

Hanno una composizione chimica riconducibile alla seguente formula generale: $K(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$. Come detto in precedenza, il motivo strutturale di base dei minerali argillosi è dato dalla ripetizione di livelli di tetraedri (T) e di livelli di ottaedri (O). Tuttavia, all'interno dei reticoli cristallini della struttura (tetraedri e ottaedri) possono attuarsi sostituzioni isomorfe.

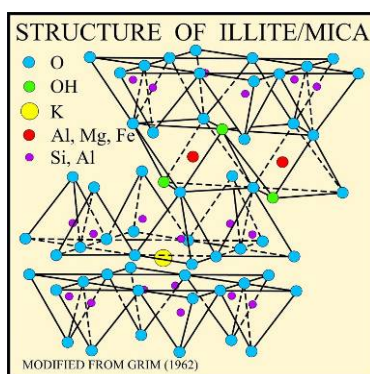


Figura 4 : struttura dell'illite
<http://www.usgs.gov/>

Difatti nelle illiti sono frequenti le sostituzioni isomorfe nel livello tetraedrico, con Al^{3+} al posto di Si^{4+} , e nel livello ottaedrico con Mg^{2+} , Fe^{2+} e Fe^{3+} al posto di Al^{3+} .

Le sostituzioni isomorfe, specialmente nello strato tetraedrico, determinano la nascita di difetti di carica tra i due pacchetti TOT, che viene parzialmente bilanciato dalla presenza di cationi interstrato (Figura 6,7). Uno di questi è il potassio (K^+) che si coordina (coordinazione-12) con anioni ossigeno di livelli tetraedrici appartenenti a pacchetti TOT contigui. Altri cationi interstrato sono ioni calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) ed idrogeno (H^+) che sostituiscono parzialmente il potassio, abbastanza comuni nelle illiti a differenza delle

miche. Di conseguenza, la struttura delle illiti può essere paragonata ad un *sandwich* di 2 pacchetti TOT, ognuno dei quali costituito da 2 livelli tetraedrici con interposto un livello ottaedrico, collegati tra loro da poliedri di coordinazione-12 con al centro il K^+ in posizione interstrato. È proprio per questa ragione che il reticolo delle illiti viene definito non espandibile. Infatti la presenza del catione interstrato tiene unita la struttura, impedendo alle molecole d'acqua di interporsi nelle struttura a *sandwich* evitando in questo modo l'allontanamento dei due pacchetti TOT.

A differenza della kaolinite, si caratterizza per le sue dimensioni piuttosto piccole aventi un diametro che varia da 0,1 μm a 0,3 μm (Rice 2005:49) e si presenta sotto forma di aggregati di lamelle molto fini, per un certo verso simile a quello di una mica.

Un motivo strutturale analogo a quello delle illiti contraddistingue i minerali argillosi del gruppo delle vermiculiti e delle smectiti. La differenza principale con il gruppo dell'illite è dovuta al fatto che permettono l'ingresso di molecole di acqua tra i due pacchetti TOT, causando un'espansione del reticolo. Di conseguenza vengono classificate come argille a reticolo espandibile (Rice 2005;44, AA.VV. 1995: 39-43).

Nei minerali argillosi della famiglia delle smectiti il minerale più diffuso è la montmorillonite (Figura 5), un silicato idrato di alluminio e magnesio. Il suo nome, coniato nel 1948, deriva Montmorillon, località francese dove fu per la prima volta estratta. Il motivo strutturale caratterizzante è sempre fondato sulla successione di pacchetti TOT (Ross e Hendricks 1945), e la formula generale può essere espressa come $(Al,Mg)_8Si_4O_{10}(OH)_8 \cdot nH_2O$.

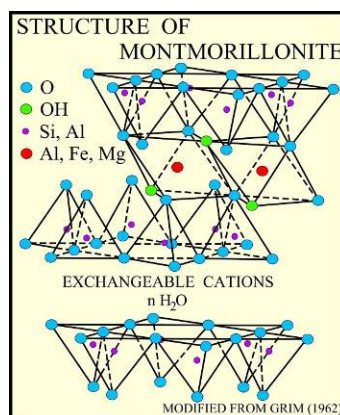


Figura 5 : struttura della montmorillonite
<http://www.usgs.gov/>

La montmorillonite è un minerale diottaedrico dove si assiste ad una parziale sostituzione dell' Al^{3+} con Mg^{2+} nello strato ottaedrico. Generalmente si forma in ambienti sedimentari successivamente all'alterazione di rocce basiche e minerali ricchi in calcio, magnesio e ferro o dalla decomposizione di ceneri vulcaniche (AA.VV 1995:39, Rice 2005:48). La caratteristica essenziale delle montmorilloniti, e delle smectiti in genere, è di possedere, tra i pacchetti TOT un certo numero di strati d'acqua in modo che la distanza interplanare è essenzialmente variabile. Questo determina la presenza di ioni scambiabili tra i pacchetti TOT, debolmente legati alla struttura. Infatti nei minerali argillosi di questo gruppo sono caratterizzati dalla presenza di cationi calcio e sodio in posizione interstrato (Viani et al 2002).

Il gruppo delle smectiti è composto, inoltre, da diverse fasi mineralogiche distinte. In base alle diverse sostituzioni isomorfe nello strato tetraedrico, con Al^{3+} , P^{5+} posto di Si^{4+} , ed in quello ottaedrico, con Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Li^{1+} Zn^{2+} al posto dell' Al^{3+} (Grim 1968) abbiamo la formazione di Saponite, Nontronite, Sauconite e Beidellite.

Le particelle appartenenti a questo gruppo dei minerali argillosi non esibiscono un abito perfettamente esagonale come i cristalli di kaolinite, ma sono in genere di più piccole dimensioni con un diametro che varia da 0,05 μm a 1 μm . La piccola dimensione delle particelle e la facilità di incamerare molecole di acqua tra i pacchetti TOT le rendono molto plastiche e quindi particolarmente idonee nella manifattura di oggetti ceramici. Al contrario però ad una notevole plasticità si contrappone un ritiro importante durante l'essiccamento.

Un altro minerale argilloso di tipo TOT è rappresentato dalle vermiculiti (Mathieson, 1958, Walker 1961, Grim 1968), dal latino *vermiculus*, così definite a causa del loro aspetto successivamente la cottura. Le vermiculiti $[\text{Mg}(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_6(\text{Si},\text{Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$ sono dei minerali argillosi a reticolo espandibile (Figura 6) interessate da numerose sostituzioni isomorfe sia nel livello tetraedrico (Al^{3+} al posto di Si^{4+}) sia, e soprattutto, nel livello ottaedrico (Mg^{2+} , Fe^{2+} e Fe^{3+} al posto di Al^{3+}).

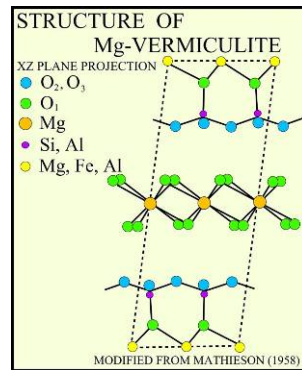


Figura 6 : struttura della vermiculite
<http://www.usgs.gov/>

Inoltre gli spazi tra i pacchetti TOT consentono l'ingresso di molecole d'acqua in posizione interstrato favorendo l'ingresso di cationi scambiabili, essenzialmente di magnesio, che coordinano anioni ossigeno appartenenti a livelli tetraedrici contigui. Anche le vermiculiti sono caratterizzate da una dimensione estremamente piccole, paragonabile a quella della montmorillonite, e dalla forma lamellare.

Tra i minerali argillosi di tipo TOT+O (2:1:1 o 2:2) il più comune è il gruppo della clorite (Brindley 1961, Klein 2002:540), così definita a causa del suo colore verde chiaro causato dalla presenza di Fe^{2+} . La formula generale può essere espressa come $(Mg,Al)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$, sebbene siano frequenti le sostituzioni isomorfe sia dell' Al^{3+} , da parte ferro Cr^{2+} , Fe^{2+} , che del Mg^{2+} da parte del Fe^{2+} e del Mn^{2+} .

Le cloriti hanno una struttura (Figura 7) simile a quella dei minerali argillosi del gruppo delle vermiculiti o delle smectiti, fatta eccezione per la presenza di un *layer* di brucite (un foglio ottaedrico $Mg(OH)_2$) o di gibbsite (un foglio ottaedrico $Al(OH)_3$) in posizione interstrato tra i pacchetti TOT, invece di cationi (per es., Mg, Ca e Na) ed acqua.

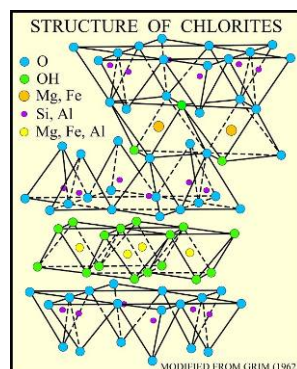


Figura 7 : struttura della clorite (fonte:
<http://www.usgs.gov/>)

3.4.3 Le proprietà delle argille

Alla particolare struttura dei minerali argillosi si devono le caratteristiche fisico-tecniche dell'argilla. L'argilla può essere infatti modellata, nel caso in cui si aggiunga una certa quantità di acqua mantenendo la forma impartita. Successivamente seccandosi, in seguito alla perdita d'acqua aggiunta, l'argilla si "contrae" diminuendo di volume e peso. Infine se sottoposta a procedimenti di cottura diventa rigida e durevole.

Nel proseguo del paragrafo vedremo come la plasticità è influenzata da diversi fattori come: la grandezza delle particelle; la presenza d'acqua; e l'esistenza di difetti di carica tra i vari "pacchetti" che compongono i minerali argillosi. Questi fattori sono determinanti per descrivere le caratteristiche principali di questo materiale.

In primis la grandezza delle particelle e la presenza di difetti di carica tra gli strati tetraedrici e ottaedrici, generati delle varie sostituzioni isomorfe, determinano una serie di fenomeni, in presenza d'acqua, di importanza fondamentale come:

- ☞ il comportamento colloidale dell'argilla
- ☞ la capacità di attrarre una grande quantità di molecole di acqua, grazie al carattere dipolare della molecola;
- ☞ la possibilità di assorbire ioni cationi di vario genere in posizione interstrato tra i pacchetti TOT del minerale argilloso.

Il carattere dipolare della molecola d'acqua in tutto ciò, è di estrema importanza nel sistema acqua/argilla.

Presentando una distribuzione di carica non simmetrica (Figura 8), le molecole di acqua possiedono una parziale carica positiva dal lato dell'ossigeno (δ^-), e una parziale carica negativa dalla parte degli atomi di idrogeno (δ^+).

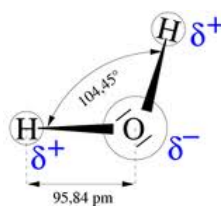


Figura 8: Molecole dipolare di acqua

Quindi la molecola si orienta a seconda che incontri un catione, un anione oppure un'altra molecola d'acqua. La presenza all'interno delle unità strutturali dei minerali argillosi di squilibri elettrici, dovuti a sostituzioni isomorfe, da origine a forze di attrazione e di repulsione che agiscono nei confronti di molecole d'acqua e ioni circostanti (AA.VV. 1995:49). Essendo le superfici delle particelle di argilla per la maggior parte dei casi cariche negativamente, per bilanciare il difetto di carica presente, esse attirano altre particelle e molecole cariche come ad esempio molecole dipolari d'acqua e cationi di vario genere quali K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ . Inoltre la dimensione estremamente piccola dei minerali argillosi favorisce il loro comportamento colloidale. Una sostanza ha un comportamento colloidale quando non è solubile in soluzione, e quindi si "disperde" all'interno di una fase liquida, che risulta di conseguenza torbida. La particella viene circondata da molecole d'acqua, fluttuando all'interno della soluzione quando viene agitata. Ma nel caso in cui la soluzione sia lasciata a riposo si assiste ad una separazione tra il liquido e la parte che era in soluzione, depositandosi sul fondo. Questa proprietà è conosciuta come "tissotropia" ed è una caratteristica dei minerali argillosi determinata dal comportamento colloidale del minerale argilloso (AA.VV. 1995).

La quantità d'acqua all'interno dei pacchetti TOT e la presenza di cationi, determina quindi la formazione di minerali argillosi di vario genere (vedi argille a reticolo espandibile e non espandibile), con distanze interplanari ben definite per ogni minerale come evidenziato nei paragrafi precedenti.

La presenza d'acqua influenza quindi la plasticità e la lavorabilità del materiale, il ritiro in fase di essiccamento ed il comportamento termico del materiale quando sottoposto a procedimento di cottura.

L'acqua all'interno dei minerali argillosi è presente sotto varie forme: acqua di idratazione superficiale o "igroscopica"; acqua di idratazione superficiale o "zeolitica"; acqua legata strutturalmente o di "cristallizzazione".

Si definisce acqua "igroscopica" quella che viene adsorbita sulla superficie esterna delle particelle che comporta la formazione di un legame ione-dipolo basato sull'interazione tra la carica positiva (o negativa) dello ione ed il dipolo indotto dalla separazione di carica della molecola di acqua. L'acqua di tipo "zeolitico" invece è rappresentata da molecole di acqua presenti in posizione interstrato nelle argille espandibili (abbondante in smectiti e vermiculiti) ed in minor misura nelle illiti, ed è spesso associata alla presenza di cationi

scambiabili. Infine l'acqua di "cristallizzazione", che viene incorporata all'interno della struttura cristallina degli strati tetraedrici e ottaedrici sotto forma di ione idrossido (OH⁻), ione ossigeno, ione idronio (H₃O)⁺ ed infine come ione ossigeno (O⁻).

Per comprendere il comportamento del sistema acqua/argilla risulta quindi importante soffermarsi non tanto sull'acqua di "cristallizzazione", rimovibile tra l'altro solo a temperature elevate, ma piuttosto nell'acqua di tipo igroscopico e zeolitica (Phelps e Maguire 1956, Dal e Berden 1965), cioè quella aggiunta da vasaio per aumentare la plasticità dell'impasto.

La plasticità è la caratteristica più importante, dal punto di vista delle produzioni ceramiche. Un materiale è definito "plastico" quando, applicata una forza di qualsiasi genere, esso mantiene la forma che gli viene impartita senza ritornare allo stato di partenza una volta che la forza applicata ha terminato il suo effetto. Nel caso dell'argilla la plasticità si ottiene attraverso l'aggiunta di una certa quantità di acqua che interagisce con le particelle di argilla. Essendo quest'ultime estremamente piccole con dimensioni inferiori a 2 µm, vengono facilmente idratate. Inoltre la loro combinazione con molecole di acqua viene favorita dalla forma delle particelle che, avendo una forma piatta e allungata e un rapporto spessore/diametro pari a 1/12 (Rice 2005:58), attraggono un gran numero di molecole nella loro superficie.

In questo modo l'acqua agendo da lubrificante, permette alle particelle di scorrere le une sulle altre (Pollard e Herron 2008:115), favorendo in primis lo scorrimento delle particelle le une sulle altre nel caso in cui sia applicata una forza di taglio, e come conseguenza il comportamento plastico del materiale e la sua lavorazione.

La lavorabilità di un'argilla è direttamente correlata alla sua capacità di idratazione, e quindi al tipo di minerale argilloso. Generalmente essa dipende da vari fattori come il tipo di legame esistente fra gli strati e la natura dei cationi presenti all'interno del cristallo. Ma la capacità di idratazione è direttamente proporzionale alla dimensione delle particelle argillose. In genere più piccole sono le particelle per un dato volume, più grande è la superficie disponibile, quindi maggiore è la quantità di acqua che può essere assorbita aumentando di conseguenza la plasticità del materiale. Ad esempio impasti argillosi composti da argille estremamente fini, come smectiti e vermiculiti, risultano essere più plastici rispetto ad un impasto composto da kaolinite. Quindi non tutte le argille sono idonee per la fabbricazione di prodotti ceramici. In ogni caso è difficile trovare depositi

omogenei, composti da un solo minerale argilloso. Generalmente vengono ritrovati depositi composti da più di un minerale, ma che comunque riflette le caratteristiche del minerale argilloso presente in maggiore quantità (Whitbread 2001).

Tra i fattori che influenzano la plasticità esercitano un ruolo importante anche i cationi, che tra l'altro rappresentano un altro motivo di rigonfiamento (AA.VV.1995:51). L'effetto degli ioni dipende dal loro stato di valenza, dalla loro grandezza e dalla capacità di essere idratati. Generalmente ioni di piccole dimensioni e aventi una carica maggiore sono più facilmente idratibili e quindi aumentano la plasticità del materiale argilloso (Rice 2005:58). La plasticità del materiale argilloso viene anche influenzata dal tipo di deposito, sia esso primario o secondario. Le azioni di trasporto e deposito rendono le argille di origine secondaria più omogenei e dalla granulometria piuttosto fine, favorendo in questo caso la plasticità. Al contrario depositi di origine primaria sono piuttosto grossolani, hanno al loro interno frammenti appartenenti alla roccia madre e la frazione più fine risulta essere più scarsa.

Come si può ben intuire da quanto finora esposto la grandezza delle particelle e le proprietà elettrostatiche delle argille spiegano parecchi aspetti del loro comportamento oltre a determinarne la specie. Ma nel caso in cui l'acqua debolmente legata, cioè quella di idratazione e parzialmente quella zeolitica, evapori le particelle dei minerali argillosi si avvicinano determinando una contrazione di volume, la formazione di vuoti ed una diminuzione di plasticità (Kingery e Francl 1954, Cuomo di Caprio 2007:51). L'essiccamento è un processo che dura diversi giorni. Comune nei minerali argillosi può essere descritto attraverso un progressivo avvicinamento delle particelle argillose, che non scorrono più le une sulle altre, determinando un aumento della densità delle stesse per unità di volume. Esso avviene in genere a temperatura ambiente e varia in funzione delle condizioni ambientali, della quantità di acqua presente nel sistema, della dimensione delle particelle argillose. Come detto in precedenza più piccole sono le particelle, maggiore è la quantità di acqua presente e di conseguenza maggiore sarà la contrazione e il cambiamento di volume rispetto a particelle argillose di più grande dimensione.

Altre contrazioni di volume significative avvengono soltanto a temperature superiori, che comportano la perdita dell'acqua zeolitica rimanente e di quella di cristallizzazione.

Persa l'acqua di idratazione il materiale è rigido, abbastanza secco ed ha perso completamente le caratteristiche che caratterizzavano il suo comportamento allo stato

plastico. Sebbene l'acqua di idratazione determini la contrazione di volume maggiore, il materiale al suo interno presenta ancora una grande quantità di acqua, specialmente all'interno di piccole cavità, quali pori e capillari. La formazione di pori e cavità è dovuta alla forma irregolare dei minerali argillosi che impedisce loro di organizzarsi in maniera ordinata così che, tra una particella e l'altra, rimangono, inevitabilmente, degli interstizi che costituiscono, appunto, la porosità dell'oggetto. L'acqua contenuta all'interno di pori e capillari scappa anch'essa per evaporazione, procedendo dall'interno (umido) verso la superficie esterna (secca) in seguito ad un gradiente di umidità e pressione. Questi ultimi sebbene possano rappresentare fino al 30% del volume della massa argillosa (Rice 2005:65) non determinano a temperatura ambiente ulteriori contrazione di volume, poiché non coinvolge l'acqua che separa le particelle argillose.

In ogni caso aggiungendo nuovamente acqua al sistema vengono ristabilite le condizioni di plasticità.

Altra caratteristica dei materiali argillosi è la refrattarietà, cioè fondono a temperature elevate. Se sottoposta a procedimento di cottura il materiale indurisce diventando piuttosto fragile. È uno stadio irreversibile, è accompagnato dalla perdita dell'acqua, sotto forma di vapore, di tipo zeolitico (oltre i 100 °C) e di cristallizzazione (tra i 400-1000 °C a seconda del minerale argilloso) che determina un'ulteriore contrazione di volume a causa del collasso della struttura del minerale argilloso e alla progressiva chiusura dei pori (sintering), (Artioli 2010:237, Pollard e Herron 2008).

Ogni minerale argilloso se sottoposto a procedimento di cottura ha un comportamento leggermente diverso in base alla sua composizione chimica. Diversi studi sono stati condotti sulla perdita d'acqua e sulla contrazione di volume dei argillosi, oltre che alla formazione di nuove fasi mineralogiche, ad opera di diversi autori (Grim 1968, Whals 1965, Grim e Kulbicki 1961).

Si è potuto constatare che la kaolinite $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, per temperature comprese tra 400-700°C perde l'acqua di cristallizzazione, $(OH)^-$, trasformandosi in metakaolinite $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$. un minerale dalla struttura particolarmente disordinata (Murad and Wagner 1991), che comunque conserva forti similitudini con la struttura della kaolinite e che può essere in certi casi reidratato. Per temperature superiori a 950 °C si assiste alla formazione di fasi mineralogiche di alta temperatura quali spinello e quarzo a spese della metakaolinite (Brindley e Lemaitre 1987) accompagnata da un'ulteriore contrazione di volume, una

diminuzione della porosità e alla formazione di una fase vetrosa. Per temperature superiori a 1200 °C si assiste alla formazione di mullite ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), mentre per temperature comprese tra i 1275 e i 1460 °C si assiste alla formazione di cristobalite (SiO_2), un polimorfo del quarzo stabile a temperature elevate (Pollard e Herron 2008).

Generalmente gli altri minerali argillosi seguono la stessa serie di reazioni, soltanto che avvengono a temperature diverse, generalmente minori, visto le numerose sostituzioni isomorfe possibili in smectiti e vermiculiti, oltre alla presenza di cationi scambiabili e interstrato (nelle illiti) tra i pacchetti TOT (Johnson, Pack e Moya 1982).

La bibliografia indica che la montmorillonite e la vermiculite scoppiano, 800-850 °C (Grim e Kulbicki 1961, Maggetti 1994, Caillère et al 1988); l'illite scompare a temperature leggermente superiori, circa 850 °C (Maritan 2006).

3.5 Lo smagrante: la seconda componente dell'impasto argilloso

Un deposito argilloso è composto, oltre dai minerali argillosi, da materiali di origine diversa quali: quelli di origine organica e minerali non argillosi. Tra i minerali non argillosi possiamo trovare numerosi minerali o frammenti di roccia caratterizzati da una elevata resistenza all'alterazione.

Tra le componenti non argillose è inoltre possibile effettuare una distinzione tra le quelle presenti nel deposito, e quelle appositamente aggiunte dal ceramista. Lo smagrante modifica in maniera così marcata le caratteristiche dell'impasto che gli antichi ceramisti lo aggiungevano quasi in maniera sistematica (Rice 2005), con il fine di migliorare la lavorabilità, il ritiro in fase di essiccamento e diminuire stress indotti dal processo di cottura (Rye 1981:31).

Lo smagrante per eccellenza è il quarzo, che può essere già presente nell'argilla oppure aggiunto intenzionalmente.

Ciò che caratterizza invece il colore del prodotto finito sono gli ossidi/idrossidi presenti come impurità, come la goetite e l'ematite. Infatti è particolarmente interessante studiare il comportamento di questi ossidi/idrossidi durante il procedimento di trasformazione termica dell'argilla. La diversa colorazione assunta dall'impasto, a seconda che le

condizioni di cottura siano ossidanti o riducenti, può essere utilizzata come un marker di cottura, di efficienza del forno e quindi del livello tecnologico di una determinata produzione ceramica (Maritan et al. 2006).

L'impasto poteva inoltre contenere una frazione di tipo organico di origine vegetale o animale aggiunta volontariamente dal ceramista, soggetta a combustione durante la cottura (Skibo et al. 1989, Mariotti et al. 2011; Sears e Griffin 1950).

Infine possono essere aggiunte all'impasto conchiglie e/o frammenti di ceramica (Maritan et al. 2009). Altri studi di natura sperimentale hanno inoltre evidenziato come a seconda dello smagrate, siano modificate le caratteristiche meccaniche del corpo ceramico (Bronitsky G. e R. Hamer 1986).

Nel paragrafo dedicato alla proprietà delle argille è stato brevemente illustrato il loro comportamento quando vengono sottoposte a trattamento termico, in particolare si è fatta attenzione agli intervalli di temperatura alla quale l'acqua veniva espulsa dall'impasto. Essendo la componente non argillosa parte integrante dell'impasto ceramico si riportano quindi le principali reazioni che coinvolgono sia lo smagrate che il materiale di origine organica e non. Si ricorda che le reazioni che avvengono nello smagrate possono provocare anch'essi una notevole diminuzione di volume, un ritiro e stress termici (Rye 1981), comportando inoltre una riorganizzazione del materiale nel caso in cui si arrivi alla fusione dei componenti (sintering) e successiva vetrificazione (Artioli 2010).

Considerando il fatto che la maggior parte dei minerali si formano durante il processo magmatico, quindi ad alte temperature, e che in periodi preistorici si cuoceva a temperature non superiori ai 850-900 °C, e per un tempo non sufficiente perché le reazioni avvengano, la maggior parte dei minerali non subisce trasformazioni di fase di rilievo (Maritan et al. 2005). In ogni caso di seguito vengono riportate le principali reazioni che coinvolgono la silice (quarzo e componenti simili), i feldspati, i carbonati, i solfati, i fosfati e i materiali di origine organica.

Il materiale di origine organica scompare tra $400 < T < 600$ °C liberando anidride carbonica. Questa reazione è favorita dalla circolazione di ossigeno durante la cottura, e quindi da un ambiente ossidante. Nel caso invece di un ambiente riducente rimangono tracce di residui carboniosi. La silice può essere ritrovata sotto varie forme come quarzo, selce, agata, diaspro, calcedonio, opale, tutti minerali costituiti da SiO₂. Il quarzo comunque è il minerale più ritrovato in tutti gli impasti ceramici ed è soggetto a tre fasi di

trasformazione. La prima avviene all'incirca a 573 °C, e rappresenta il passaggio da quarzo α /quarzo β . Questo passaggio è accompagnato da cambiamenti strutturali che comportano l'espansione del minerale.

Le trasformazioni successive comportano la formazione di tridimite a spese del quarzo β (870 °C), e la formazione di cristobalite a spese della tridimite (1200-1250 °C).

I feldspati siano essi di calcio, sodio o potassio sono praticamente inerti a temperature inferiori a 900 °C. Nell'industria della ceramica essi vengono utilizzati come fondenti, poiché, fondendo per primi, abbassano il punto di fusione degli altri componenti. In linea generale il feldspato potassico fonde a temperature che si aggirano attorno ai 1150 °C, quello sodico attorno ai 1118 °C e quello calcico attorno ai 1550 °C (Rice 2005).

Un altro gruppo di minerali che contengono calcio appaiono facilmente negli impasti ceramici. Essi sono rappresentati da calcari (Rye 1976), conchiglie (Rye 1976), carbonati, calcite, solfati (come il gesso). Inoltre il calcio può essere aggiunto anche sotto forma di sostanza organica come cenere di ossa [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]. Un esempio sono le tipiche ceramiche definite "Bone China" (Weyl 1941), dove le cenere di ossa veniva aggiunta all'impasto per dare lucentezza al manufatto ceramico. Generalmente le trasformazioni che coinvolgono i solfati sono complete tra $400 < T < 600$ °C, comportando un rilascio di SO_2 . Generalmente i carbonati, siano essi di calcio e magnesio, si trasformano tra i $650 < T < 900$, formando ossidi di calcio o di magnesio e liberando anidride carbonica (Artioli 2010).

Diversi autori hanno evidenziato che minerali di origine calcarea e i carbonati venissero tolti volontariamente per evitare problemi reidratazione, degli ossidi prodotti successivamente alla cottura, un aumento di volume e conseguente rottura del corpo ceramico, (Rye 1976, Rhodes 1973: 65). Per temperature superiori a 1000 °C in seguito a processi di ricristallizzazione si possono formare silicati di alta temperatura quali wollastonite e diopside.

In tabella 3 sono riportate le principali trasformazioni che coinvolgono sia il materiale argilloso, sia le principali trasformazioni che coinvolgono lo smagrange.

Approx. temperature range (°C)	Loss of water molecules	Decomposition reactions	Chemical reactions	Phase transformations
$T < 100$	loss of unbound and adsorbed H ₂ O			
100–200	loss of weakly bound structural H ₂ O (hydrous salts: gypsum; some zeolitic water)			
200–400	loss of zeolitic and interlayer H ₂ O (clays)			
400–600		loss of SO ₂ (sulphates)	oxidation of organic compounds	573 °C alpha-beta quartz
600–800	loss of OH (clays, micas)	loss of CO ₂ (carbonates)	MgO and CaO are produced by clay and carbonate decomposition	
800			oxidation of sulphides liquid phase may start to form	
800–1000			oxidation of ferrous oxides	MgO and CaO react to produce HT phases (spinel, gehlenite, diopside)
1000–1200				formation of mullite, anorthite formation of cristobalite

Tabella 3:Principali trasformazioni che coinvolgono lo smagrante ed i minerali argillosi (Artoli 2010:237)

4 Le produzioni ceramiche durante l'età del Bronzo: dalla materia prima, alla realizzazione del manufatto

Il ciclo delle produzioni ceramiche in età preistoriche e protostorica può essere schematizzato in pochi, ma fondamentali, passaggi quali:

1. La scelta delle materie prime
2. La formatura dell'impasto
3. La foggatura
4. L'essiccamento
5. La cottura

Diversi sono i manuali che descrivono nel dettaglio il ciclo di produzione ceramica sia italiani che esteri (Mannoni e Giannichedda 1996, Cuomo di Caprio 2007, Rice 2005, Orton et alii 1993). Non essendo possibili confronti diretti, l'unica possibilità per avere informazioni riguardo la tecnologia di produzione nei periodi preistorici e protostorici è attraverso lo studio archeometrico e tipologico dei materiali oltre che allo studio dei contesti archeologici. Informazioni molto utili ci vengono inoltre fornite da studi di carattere etnografico e antropologico di popolazioni che utilizzano ancora metodologie arcaiche nella loro produzioni, oppure ancora dall'archeologia sperimentale. Di seguito verranno illustrati i passaggi principali del processo di produzione ceramica, in modo da avere una panoramica completa del ciclo di produzione ceramica in età preistorica. Verranno affrontati i vari temi alla luce delle proprietà, dello smagranza ma soprattutto dei minerali argillosi, descritte nel capitolo precedente.

4.1 L'approvvigionamento della materia prima

La scelta delle materie prime era un'operazione molto importante e veniva fatta in base a proprietà chimico-fisiche, tecnologiche, alla tipologia e caratteristiche del prodotto finale e alla facilità ed economicità dell'approvvigionamento. La ricerca e la scelta non era quindi

casuale o dettata da motivazioni opportunistiche, ma era frutto di una buona conoscenza dell'ambiente circostante e delle sue risorse e in seconda istanza, seppur in maniera empirica, da una conoscenza delle caratteristiche tecniche delle diverse materie prime eventualmente disponibili (Tite 2001, Whitbread 2001).

Il rapporto uomo-ambiente, e quindi la ricerca e la raccolta della materia prima di "qualità" faceva sentire i suoi effetti sul prodotto finale (Matston 1965). Questo portava le popolazioni preistoriche anche a spostarsi dall'insediamento alla ricerca delle materie prime più idonee per le loro produzioni. Certe popolazioni, infatti, percorrevano fino a 20-30 km per reperire una materia prima che presentasse determinate caratteristiche tecnologiche. È il caso, ad esempio, degli insediamenti di Mileto (Martini et alii 1996, Sarti et alii 1991) e Neto di Bolasse (Sarti 1985, Martini et alii 1996), a Sesto Fiorentino, nei quali è stato attestato l'utilizzo di materie prime di origine gabbriaca, provenienti dal Monte Ferrato (Prato); utilizzo che si deve sia alla facilità di lavorazione di queste argille, sia alle loro peculiari proprietà tecniche.

Studi etnografici inoltre hanno evidenziato come alcuni gruppi si spostassero anche a distanza considerevoli per procurarsi la materia prima più idonea (Niklin 1979). In ogni caso, ciò non escludeva un approvvigionamento nella immediate vicinanze dell'insediamento. Altri studi, sempre di carattere etnografici (Arnold 1985:38), hanno evidenziato come nell'84% dei casi considerati, su un campione di 111 casi considerati, sia l'argilla che lo smagrante venivano raccolti ad una distanza compresa tra i 5 e i 7 chilometri dal luogo di produzione.

La possibilità di fabbricare ceramiche con caratteristiche tecniche specifiche poteva essere molto rilevante sia per motivi alimentari, ad esempio per lo stoccaggio dei prodotti alimentari o per la cottura dei cibi, sia per motivi economici, quali la possibilità di instaurare contatti commerciali e di scambio con altre popolazioni. Non è casuale infatti la presenza di materiale ceramico, che per le sue caratteristiche composizionali, differisca dalle caratteristiche geolitologiche in prossimità del sito di ritrovamento (Boileau et alii 2009, Ixer e Vince 2009).

4.2. La preparazione dell'impasto ceramico

Una volta recuperata la materia prima susseguivano una serie di passaggi in modo tale da rendere l'argilla lavorabile. Veniva in prima istanza depurata dalle particelle più grossolane, dalla materia di origine organica vegetale e nel caso animale. Successivamente veniva lasciata a riposo per un periodo variabile e seconda delle usanze dell'artigianato e del tipo di materiale argilloso. Con ogni probabilità la popolazioni preistoriche erano a conoscenza del principio della decantazione, attraverso la quale il materiale grossolano, più pesante, si depositava nel fondo della vasca, mentre quello fine, più leggero, si depositava negli strati più alti. Questo favoriva, oltre ad una prima selezione del materiale e l'eliminazione della frazione più grossolana, la disintegrazione delle particelle esposte agli agenti atmosferici con conseguente aumento della plasticità, la purificazione dai residui organici oltre che all'ossidazione di inclusi di ferro. Successivamente si procedeva alla frantumazione e alla vagliatura del materiale lasciato a riposo creando così un impasto a granulometria abbastanza omogenea.

Una volta creato l'impasto si procedeva all'aggiunta di una quantità d'acqua idonea, tale da raggiungere il grado di plasticità desiderato. Se il grado di plasticità raggiunto non era soddisfacente potevano essere mescolati anche argille dalle caratteristiche leggermente diverse, come è stato riscontrato nel sito archeologico di Kentri, a Creta (Blitzer 1984).

Le ricette potevano anche variare in base all'artigiano. Esempi etnografici ci vengono dall'Africa dove artigiani di villaggi vicini proporzionavano l'impasto argilloso in maniera diversa per differenziare il loro prodotto da quello dei villaggi vicini, oppure ancora modificavano la ricetta a seconda che la ceramiche dovessero essere vendute o utilizzate al villaggio (Livingstone 2005). Altri esempi mostrano invece come, per mantenere le stesse caratteristiche del corpo ceramico, la preparazione della materia prima possa leggermente variare nel caso in cui cambino le fonti di approvvigionamento (Sillar 1997).

Un'altra variante è riscontrabile in Kenya dove i ceramisti di Luo usano la stessa miscela di argille per tutto il loro repertorio ceramico, mentre altri cambiano le proporzioni in base al prodotto che vogliono realizzare (Dietler e Henbich 1989).

Successivamente, a seconda del tipo e delle caratteristiche tecniche del prodotto, veniva aggiunto materiale a granulometria più grossolana, lo smagrante, il quale migliorava le

caratteristiche tecniche dell'impasto (Rye 1981, Martini et alii 1996, Cuomo di Caprio 2005). Questo poteva essere costituito da resti ceramici opportunamente frantumati, da una frazione sabbiosa o da una roccia opportunamente scelta e frantumata per le sue caratteristiche oppure ancora da materiale di origine organica. È importante sottolineare che la scelta dello smagrante era comunque in funzione delle caratteristiche geolitologiche delle aree adiacenti all'ubicazione delle fornaci.

4.3 La foggatura

La foggatura si può definire come l'insieme delle operazioni necessarie a dar forma all'oggetto. Lo studio dei reperti preistorici ha permesso di ipotizzare la presenza di tre diverse tecniche per la realizzazione del manufatto ceramico. Questo poteva essere eseguita a colombino (Figura 9), a stampo (Figura 10) oppure per foggatura diretta (Figura 11).



Figura 9 : rappresentazione grafica della foggatura a colombino



Figura 10 : rappresentazione grafica della foggatura a stampo



Figura 11 : rappresentazione grafica della foggatura diretta

La scelta della tecnica più idonea poteva dipendere dal tipo di materiale utilizzato, più o

meno lavorabile, o dal tipo di oggetto che si voleva produrre. La tecnica a colombino, anche detta a "lucignolo", prevede inizialmente la preparazione del fondo e successivamente la preparazione di strisce, o per meglio dire di anelli (i colombini), dell'impasto preparato. Questi venivano successivamente sovrapposti gli uni sugli altri ed amalgamati, fino ad ottenere una superficie omogenea. Una variante di questa tecnica prevede la preparazione di uno colombino di lunghezza maggiore che veniva applicato in modo tale da formare una spirale.

La foggatura a stampo prevedeva la formazione di una lastra di argilla di spessore variabile ottenuta appiattendolo un blocco di argilla. Successivamente la lastra formata precedentemente veniva adagiata all'interno di un vaso, che fungeva da stampo, che poteva essere di ceramica, di legno o di qualsiasi altro materiale. Successivamente la lastra veniva fatta combaciare allo stampo in modo tale da far coincidere le due forme.

Nella foggatura diretta la forma desiderata veniva realizzata direttamente da un blocco di argilla opportunamente miscelato con lo smagrante.

Modellato il vaso questo poteva essere e rifinito mediante l'applicazione di un ingobbio oppure adornato mediante l'esecuzione di una decorazione.

È importante comunque precisare che non tutti vasi venivano né decorati né ingobbati, poiché i trattamenti della superficie erano riservati a produzioni più pregiate.

L'ingobbio è costituito da un sottile strato di argilla depurata che rende la superficie del vaso particolarmente liscia in alcuni casi lucente. Le decorazioni potevano essere impresse, eseguita manualmente oppure utilizzando strumenti di legno o di osso, plastiche, mediante l'applicazione di anse/bugne/cordoni, oppure incisa sempre mediante l'utilizzo di strumenti in legno o di osso. In altri casi poteva essere incisa e dipinta. Questo dipendeva dall'utilizzo a cui il vaso era destinato e dal gusto del ceramista.

4.4 L'essiccamento

La fase successiva alla foggatura è l'essiccamento che comporta la perdita dell'acqua che è stata aggiunta dal vasaio per aumentare la plasticità dell'impasto durante la precedente fase di formatura. Essa può rappresentare circa un terzo del volume totale ed è distribuita tra acqua di idratazione e acqua contenuta all'interno dei pori. L'acqua evapora e il materiale argilloso si contrae (ritiro a crudo) determinando la comparsa di pori interni e la nascita di eventuali fessurazioni e crepe, che, se la presenza dello smagrante non è quella giusta, possono compromettere l'integrità del vaso. Essa può durare anche giorni se non settimane in funzione delle condizioni atmosferiche. Riscontri etnografici hanno comunque evidenziato come le fasi di essiccamento cambi in relazione alla tradizione artigianale (Organ 1970, Solheim 1952, Stern 1951). Nel paragrafo relativo alle proprietà delle argille è stato illustrato come il materiale argilloso si comporti in presenza d'acqua. Di seguito si cercherà di mettere in evidenza quali possono essere i problemi derivanti dalla fuoriuscita dell'acqua di impasto nella produzione di oggetti ceramici.

La contrazione di volume dipende da diversi fattori. In primis dalla quantità d'acqua presente e dal tipo di argilla utilizzata. Successivamente intervengono anche la tecnica di formatura, dall'orientazione delle particelle di argilla, dalla concentrazione d'acqua presenti in diversi punti del vaso, dalla porosità, dalle condizioni atmosferiche e dalla presenza di smagrante (Rice 2005:67-70).

L'evaporazione dell'acqua avviene direttamente dalla superficie, in questo modo le particelle dell'argilla si avvicinano come rappresentato in figura 4.

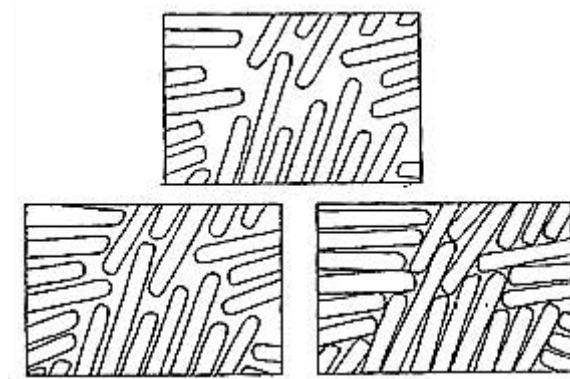


Figura 4: Schema rappresentativo del ritiro delle particelle argillose in seguito alla perdita d'acqua durante la fase di essiccamento (Cuomo di Caprio 2007)

L'acqua incomincia ad evaporare dalla superficie esterna in seguito ad un gradiente di pressione tra la parte interna e la superficie esterna ma non in maniera uniforme e con la stessa velocità. Questo genera una contrazione di volume diversa tra interno ed esterno del vaso che può compromettere l'integrità del vaso. Inoltre in funzione del tipo di minerale argilloso il ritiro cambia, poiché cambia la quantità d'acqua utilizzata per renderlo plastico. Per esempio la kaolinite non è molto plastica e di conseguenza basso è il ritiro. Minerali a reticolo espandibile come le smectiti e le vermiculiti invece riescono ad assorbire una grande quantità di acqua diventando più plastiche, ma allo stesso tempo sono soggette ad un ritiro più marcato durante la fase di essiccazione (Vandiver 1988). In alcuni casi le fessure che si formano sono talmente piccole che soltanto in seguito alla cottura del vaso diventano visibili. Inoltre la tecnica di preparazione del vaso può determinare una concentrazione ed un'orientazione diversa delle particelle in punti diversi del vaso, comportando un ritiro differenziato. Le condizioni ambientali infine possono influenzare i periodi di produzione.

Forse in epoca preistorica la produzione ceramica era maggiore nei periodi più caldi e secchi dell'anno, rispetto ai periodi più freddi e umidi meno favorevoli per una buona essiccazione del vaso. Generalmente una volta che tutta l'acqua di impasto è stata eliminata senza conseguenze, il vaso non è soggetto ad ulteriori fasi di ritiro se non durante la cottura. In ogni caso, per quanto un vaso possa essere seccato, l'acqua di impasto viene comunque eliminata completamente nelle prime fasi di cottura. È di importanza fondamentale comunque che il vaso sia completamente secco prima di passare alla fase successiva, cioè alla cottura.

4.5 La cottura dei materiali ceramici

La cottura è il passaggio finale per la realizzazione dei manufatti ceramici. In questo paragrafo non verranno illustrate in dettaglio le varie trasformazioni chimico-fisiche che coinvolgono sia i minerali argillosi che la componente non plastica, poiché sono già state affrontate nei paragrafi precedenti. Si discuterà di quali sono le variabili principali che influenzano la cottura della ceramica oltre che a dare una breve descrizione delle strutture

di combustione, riportando alcuni esempi databili al Neolitico e all'età del Bronzo.

Con il termine cottura ci si riferisce ad una serie di trasformazioni chimico-fisiche che coinvolgono l'impasto ceramico. Essa può essere definita come un processo critico e irreversibile che fornisce al corpo ceramico durabilità, resistenza a sollecitazioni meccaniche e all'usura agli agenti chimici.

Critico in quanto si sviluppano tensioni interne (espansione e compressione) in seguito all'aumento della temperatura e alla trasformazione dei vari componenti dell'impasto. Ad esempio un aumento troppo repentino della temperatura in un manufatto ceramico non completamente essiccato provoca un'evaporazione troppo veloce, sotto forma di vapore acqueo, dell'acqua dalla superficie deformando e nel peggior dei casi fessurando il vaso. Altri esempi sono l'espansione e la trasformazione di alcune fasi mineralogiche e la combustione dei composti organici. Lo stesso vale nel caso in cui si passi da alte a basse temperature.

Irreversibile poiché una volta cotta ad elevate temperature, i minerali argillosi perdono definitivamente la loro struttura e le loro caratteristiche originali. Il risultato finale è la formazione di una matrice amorfa che resiste a sollecitazioni meccaniche di vario genere senza deformarsi (a meno che non si superi il carico di rottura), mantenendo definitivamente la forma impartita.

Le caratteristiche del prodotto finale dipendono da diversi fattori fondamentali quali: l'atmosfera del forno; la massima temperatura raggiunta; la velocità in cui la massima temperatura viene raggiunta; la durata della cottura alla massima temperatura raggiunta (Rice 2005, pp 81). A sua volta esse dipendono dal tipo di fornace utilizzata, dalla sua forma, dal tiraggio e dal tipo di combustibile.

Quando si parla di "atmosfera" ci si riferisce alla presenza o meno di aria libera durante la cottura. L'atmosfera si dice ossidante quando la circolazione dell'aria è libera, quindi in presenza di ossigeno e in condizioni ottimali di tiraggio. Questo favorisce l'ossidazione dei vari componenti quali, l'ossidazione degli ossidi e della materia organica. Al contrario l'atmosfera si dice riducente quando si ha una mancanza di aria libera durante la cottura e il tiraggio della fornace è scarso. In questo caso, sebbene si raggiungano temperature sufficientemente elevate, le reazioni non si sviluppano completamente ed i risultati sono ben visibili. Ad esempio in oggetti cotti in ambiente ossidante il ferro passa dallo stato ferroso a quello ferrico e l'argilla assume il tipico colore rosso. Nel caso contrario questo

non avviene e l'argilla assume un colore bruno o grigio. Considerando inoltre la variabilità delle condizioni di cottura, sono molto comuni le cosiddette strutture a "sandwich" con l'anima ridotta e le superfici esterne ossidate.

Un'accurata analisi chimico-fisica delle proprietà del reperto può fornire utili indicazioni sull'efficienza del processo di cottura (Maritan et al. 2006).

Infine la massima temperatura raggiunta e il tempo di permanenza a tali temperature, determinano i cambiamenti principali nell'impasto ceramico, *in primis* le trasformazioni che avvengono nel materiale argilloso. Ricordiamo ad esempio che, per temperature superiori a 600 °C, la struttura dei minerali argillosi si modifica in maniera irreversibile. O ancora la scomparsa dei carbonati che iniziano a dissociarsi a temperature sensibilmente più superiori. La presenza o meno di determinate fasi mineralogiche può essere molto indicativa per comprendere le temperature di cottura raggiunte.

In definitiva i vari fattori appena elencati influenzano direttamente i prodotti e le loro caratteristiche. Di conseguenza la forma delle fornaci e il controllo delle condizioni di cottura, influenzando i prodotti, rappresentano di fatto due variabili indicative del conoscenze tecnologiche dell'epoca.

Le terre cotte rappresentano le ceramiche meno evolute e più antiche ed erano cotte ad una temperatura che si aggirava attorno ai 850-900 °C, ma in epoca preistorica queste temperature diminuivano aggirandosi attorno ai 600-700 °C. Per temperature superiori a 900 °C, abbiamo la produzione di porcellane, gres, maioliche e faenze.

L'evoluzione delle tecniche di cottura rappresenta un marker importante nella caratterizzazione del materiale archeologico soprattutto nella valutazione del progresso che l'uomo ha compiuto in migliaia di anni. Da un'attenta valutazione dei prodotti e delle testimonianze archeologiche si riesce quindi a comprendere come le popolazioni antiche "cucinavano" il materiale argilloso, opportunamente miscelato. Utili indicazioni, sulle tecniche di cottura, possono essere ricavate osservando alcune produzioni artigianali di diverse popolazioni "indigene" sparse per tutto il pianeta. In alcuni casi, queste produzioni possono trovare similitudini con i dati archeologici rinvenuti durante gli scavi rendendo possibili alcuni paralleli sulle tecniche di cottura e dei forni che potevano essere utilizzati in antichità (Shepard 1976, Niklin 1981).

Le testimonianze archeologiche in ambito italiano non sono numerosissime, quindi risulta difficile ricondurre con certezza tali ritrovamenti alla cottura della ceramica. Questo

perché non si trattava di strutture fisse, ma a cielo aperto e a carattere temporaneo. Diverse sono state le ipotesi avanzate. La cottura di cibi (Aranguen et alii 1991) è stata ipotizzata in sito archeologico del Neolitico nelle vicinanze di Firenze. Invece all'utilizzo della fossa per la cottura di materiale ceramico (Cattani 1993) è stata ipotizzata in un sito archeologico delle terramare nelle vicinanze di Parma. Nel sito Neolitico di Mileto, Sesto Fiorentino, all'interno di una fossa sono stati ritrovati, su un basamento costituito essenzialmente da ciottoli di grossa dimensione, una grande quantità di carboni senza tuttavia trovare nessuna traccia di materiale ceramico. Nonostante le indagini archeometriche svolte, la mancanza di evidenze non ha permesso di formulare un'ipotesi sull'utilizzo della fossa (Sarti et alii 1991).

Nonostante le poche testimonianze raccolte i dati hanno fornito un nucleo di informazioni abbastanza cospicuo da ipotizzare la forma e il funzionamento delle fornaci per la cottura dei materiali ceramici nel periodo di nostro interesse (Labate 2001).

In epoca preistorica le conoscenze tecniche non erano sufficientemente sviluppate da permettere il raggiungimento di temperature molto elevate, ed inoltre la struttura di combustione non permetteva un controllo diretto di tutte le condizioni di cottura.

Di conseguenza le condizioni erano piuttosto variabili e influenzavano direttamente colore, porosità, durezza e ritiro del materiale ceramico.

Le più antiche fornaci per la cottura della ceramica erano strutture temporanee a cielo aperto, dove il materiale cuoceva a diretto contatto con il combustibile, senza raggiungere temperature estremamente elevate, all'incirca 600-700 °C. La massima temperatura veniva raggiunta in poco tempo e non era mantenuta per un tempo sufficiente da permettere la perdita di cristallinità della componente argillosa. Questo era la conseguenza di una forte dispersione di calore nell'ambiente, visto la mancanza di una vera e propria struttura di combustione. L'aggiunta di altro combustibile era di conseguenza necessaria con conseguenti sbalzi repentini della temperatura che potevano danneggiare i manufatti ceramici. La cottura del vaso non era omogenea quindi scarso era il controllo delle condizioni di cottura. Probabilmente utilizzate sin dal Neolitico le prime fornaci erano costituite da una piccola area circoscritta nel terreno, talvolta leggermente interrata sulla quale veniva depositato prima il combustibile e poi i reperti ceramici. Il tutto veniva successivamente ricoperto da una catasta di fascine di legno senza, ricordiamo, una vera e propria copertura o volta. Scarse se non assenti sono strutture di questo genere visto il loro

carattere precario.

La necessita di controllare la fuoriuscita di calore e dei gas di combustione ha portato ad un'evoluzione delle prime strutture, con fornaci incassate nel terreno nella quale i reperti ceramici erano inframmezzati al combustibile. Il tutto veniva successivamente ricoperto da uno strato di terriccio/argilla per formare una volta. Anche in questo caso si trattava di strutture temporanee, infatti ad ogni ciclo produttivo la volta veniva ricostruita. Generalmente dalla forma variabile, da sub-circolare a sub-rettangolare, strutture di questo genere permettevano di raggiungere temperature leggermente più elevate rispetto alle prime fornaci diminuendo la dispersione del calore all'ambiente, ma senza tuttavia migliorare la circolazione di aria libera al suo interno. Ne conseguiva anche in questo una cottura molto lenta e imperfetta.

Il fondo e le pareti delle fosse ritrovate sono generalmente costituite da argilla cotta (concotta), talvolta pietre frammiste a frustoli carboniosi. In ogni caso non è possibile fare un'attribuzione certa sull'uso di queste fosse.

In un villaggio della prima età del bronzo di Tufariello (SA) sono stati rinvenuti ben 19 focolari interpretati come possibili fornaci per ceramica. Come a Mileto sono stati ritrovati strati di cocci e pietre e carboni (Halloway et alii 1975).

Strutture simili, afferenti all'età del Bronzo, sono state ritrovate nei siti archeologici di Punta le Terrare (BR), S. Rosa in Poviglio (RE), Monticelli (BR). In questi casi si pensa che le strutture fossero state adibite alla cottura di materiale ceramico (De Juliis 1981, Beranabò Brea & Cremaschi 1987, Biancofiore 1956).

Una struttura nettamente più evoluta e con evidenze certe, sempre afferente all'età del Bronzo, è stata riscontrata nel sito palafitticolo di Basilicanova, nei pressi di Parma (Cattani 1993). Essa presenta una struttura completamente diversa da quella precedente, che prelude alle strutture che si svilupperanno nell'età del Ferro (Cuomo di Caprio 1971). Sebbene la struttura continui ad essere incassata nel terreno la differenza sostanziale con le fornaci precedenti consiste nella separazione tra il combustibile e il materiale ceramico, essendo costituita da una camera di combustione (prefurnio) ed una camera di cottura con sfiato nella sommità per la fuoriuscita dei gas di combustione. La camera di combustione nel caso di Basilicanova, che rappresentava un piccolo corridoio di accesso per l'introduzione del combustibile, era costituita da una fossa, ricca di concotto e frustoli carboniosi e scarsi frammenti ceramici. La seconda fossa, più ampia, interpretata come

camera di cottura, era invece costituita da pareti verticali arrossate dall'azione del calore ed al suo interno sono stati ritrovati scarsi resti ceramici, di concotto e di resti carboniosi.

Una ricostruzione sulla base dei ritrovamenti, e accompagnata da successive prove sperimentali, è stata effettuata dal Museo delle terramare di Montale (<http://www.parcomontale.it/sperimentale/cera.shtml>).

Il vantaggio di strutture di questo genere erano diversi. Innanzitutto il combustibile non era a diretto contatto con il materiale ceramico ed inoltre c'era un buon controllo delle condizioni di cottura. Il tiraggio garantito dalla struttura particolare della fornace, definito "fornace a struttura orizzontale" (Cattani 1993), permetteva di regolare le condizioni di cottura ed inoltre l'interramento sia della fossa di combustione che della camera di cottura permette di ottenere un ottimo isolamento termico.

PARTE III

Lo studio archeometrico delle ceramiche di Via Neruda (Sesto Fiorentino): Inquadramento geologico, geomorfologico e storico-culturale della piana Sestese; il sito e le ricerche; materiali e metodi; risultati.

5. Il sito archeologico di Via Neruda (Sesto Fiorentino)

I reperti ceramici oggetto di questo lavoro di tesi provengono dal sito archeologico di Via Neruda (Sesto Fiorentino), il quale bene si inquadra nelle tipologia insediamentale riscontrata in altri siti archeologici coevi della stessa zona. Per una migliore comprensione del contesto archeologico e delle modalità insediative riscontrate seguirà una breve descrizione del contesto geologico e geomorfologico della zona. Successivamente si illustreranno le modalità insediative riscontrate a partire dalle prime occupazioni umane nell'area in questione. Infine verranno esposti i dati stratigrafici e cronologici del materiale ceramico recuperato in seguito a lo scavo. I dati stratigrafici, completamente inedite, sono stati forniti da Lucia Sarti dell'Università degli Studi di Siena. Mentre i dati relativi alle produzioni materiali del sito archeologico di Via Neruda, anche questi completamente inediti ed in fase di studio, si devono alla cortesia della dottoressa Federica Romoli, dottoranda dell'Università degli studi di Siena, che sta svolgendo il dottorato di ricerca delle produzioni fittili in questione. Nonostante che l'analisi morfologica-stilistica dei reperti non sia ancora conclusa sono possibili alcune informazioni preliminari per l'inquadramento cronologico del sito.

5.1 Inquadramento Geologico e Geomorfologico della piana Fiorentina

Sesto Fiorentino si colloca all'interno della piana fiorentina. Un territorio pianeggiante di origine fluvio-lacustre, che si estende tra le città di Firenze, Prato e Pistoia per all'incirca 40-50 chilometri. La Piana è delimitata a Nord-Est dalle pendici dei Monti della Calvana e il Monte Morello. Dal lato opposto, in direzione Sud-Ovest è delimitata dalla pendici del Monte Albano. Più a Sud invece è delimitata dai Monti della Valle del Chianti. Essa è attraversata da vari fiumi, tra i quali l'Arno, l'Ombrone, il Bisenzio, il Mugnone. La ricchezza di corsi d'acqua ha contribuito non poco all'attuale conformazione del territorio oltre a favorire lo stanziarsi di animali prima (Cecconi e Cucchini 1976), e di gruppi di persone a partire dal mesolitico.

La formazione della piana Fiorentina è da associarsi ai fenomeni di origine tettonica che hanno portato alla formazione della dorsale appenninica, circa 200 milioni di anni fa.

In questo periodo la Toscana era completamente ricoperta dalle acque del mar Tirreno, ed era interessata dalla deposizione di depositi di origine marina, i quali hanno condotto alla formazione dei complessi delle marne di S. Polo e del Macigno. Nello stesso periodo avveniva nell'adiacente bacino ligure, localizzabile tra le Isole Baleari e la costa Ligure, dove iniziava la deposizione di sedimenti marini che hanno portato alla formazione delle attuali formazioni di Sillano, Formazione del monte Morello e di Pietraforte.

Inoltre fenomeni di attività vulcanica sottomarina, avvenuti ben prima (circa 130-140 milioni di anni fa) in seguito del distacco tra la placca Europea ed Africana in epoca Giurassica (Beccaluva et alii 1979), hanno favorito la formazione di corpi magmatici intrusivi all'interno dei depositi marini. Questi corpi magmatici hanno condotto alla formazione di piccoli complessi, definiti "Ofiolitici", ben identificabili (Figura 12). Essi sono costituiti principalmente da serpentinite, gabbro e diabase. Tali affioramenti sono estremamente noti per l'estrazione di pietra verde, tipica pietra ornamentale che adorna le facciate di molte cattedrali Toscane, e per la presenza di mineralizzazioni di rame. Affioramenti di questo genere sono localizzati nel Monte Ferrato, presso Prato (Loc. Figline di Prato), e nell'Impruneta, a Sud-est di Firenze.

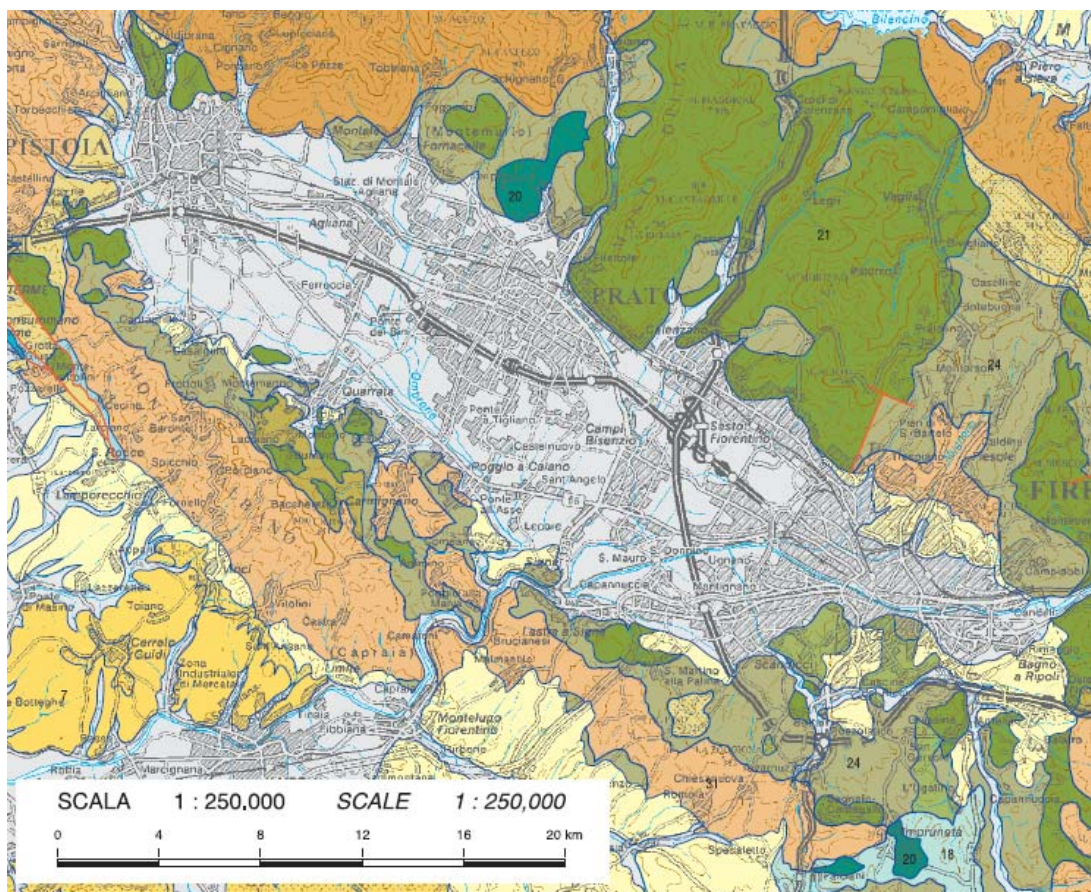










Figura 12. Estratto della mappa geologica della Regione Toscana

<http://www.regione.toscana.it/regione/export/RT/sito->

[RT/Contenuti/sezioni/territorio/geologia/rubriche/visualizza_asset.html_319837122.html](http://www.regione.toscana.it/regione/export/RT/sito-RT/Contenuti/sezioni/territorio/geologia/rubriche/visualizza_asset.html_319837122.html)

	Depositi alluvionali, eolici, palustri, lagunari e di spiaggia di origine continentale o costiera (pliocene e/o quaternario)
	Conglomerati, arenarie, siltiti, argille e calcari di ambienti fluvio-lacustre di origine continentale o costiera (pliocene e/o quaternario)
	Argille, argille siltose-marnose di origine marina (pliocene e/o quaternario)
	Ofioliti: peridotiti, gabbri, basalti, oficalciti e breccie ofiolitiche
	Flysch terziari a elmintoidi: Calcari, marne arenarie
	Argilliti, arenarie, conglomerati

	Flysch arenacei esterni: arenarie, siltiti, argilliti con olistostromi
	Flysch arenacei interni: arenarie, siltiti, argilliti con olistostromi

La deposizione nel bacino ligure di sedimenti marini, continua fino all'Eocene medio. In seguito a fenomeni tettonici di tipo compressivo che interessano tutta l'area ligure, i sedimenti depositati subiscono importanti piegamenti, accompagnati da un progressivo spostamento verso Est, che li porta a sovrapporsi (nel Miocene medio, circa 20 milioni di anni fa) ai sedimenti depositati nell'attiguo bacino toscano. Saranno questi primi eventi a decretare l'inizio della formazione delle principali dorsali appenniniche con direzione NO - SE.

Nel Neogene l'intera area appenninica è nuovamente coinvolta da una forte attività tettonica. Questo ha condotto alla formazione di bacini intermontani, di forma ellittica e con direzione NW-SE, come quelli del Bacino del Mugello, del Bacino Firenze-Prato-Pistoia, del Bacino di Altopascio e del Bacino del Valdarno superiore. Nello stesso tempo l'inizio del sollevamento della dorsale sud occidentale del Montalbano va a completare la formazione del bacino di Firenze -Prato-Pistoia. La successiva fase di attività tettonica, iniziata alla fine del Miocene e continuata fino al Pliocene inferiore (5,1 - 3,2 milioni di anni fa), porta all'attuale configurazione geologica.

Nel Pliocene Superiore (3,2-1,7 milioni di anni fa) la ripresa del sollevamento appenninico provoca il relativo abbassamento del bacino di Firenze -Prato-Pistoia, con l'instaurazione di un paesaggio lacustre e la deposizione di sedimenti limo-argillosi (Cecconi e Cuccuini 1976). Movimenti successivi, che interessarono la dorsale appenninica determinarono l'instaurarsi di fenomeni erosivi da parte dei torrenti con la formazione di spessi depositi di conoide ai margini settentrionali del bacino e con la deposizione di sedimenti fluviali, anche grossolani (Briganti et al 2003).

Nel Pleistocene inferiore (1,7 - 1,2 milioni di anni fa) il bacino Firenze-Prato-Pistoia è ancora interessato da condizioni lacustri e dalla deposizione di sedimenti argillosi, queste

condizioni variano nel Pleistocene superiore (0,5-0,01 milioni di anni), quando il bacino viene progressivamente colmato dai depositi fluvio-lacustri.

L'area a Nord dell'Arno diviene piana alluvionale caratterizzata da una morfologia pressoché pianeggiante con numerosi corsi d'acqua, alcuni dei quali a regime torrentizio, che scendono dalle vallate dei complessi situati nel versante NE del bacino. Questi scendendo hanno depositato spessi strati di sedimenti grossolani in corrispondenza del loro sbocco nella piana (Capecchi et al. 1975). In certi casi a causa delle frequenti variazioni del corso di questi torrenti, la piana è interessata da limitate aree lacustri (Conedera e Ercoli 1975), che variavano in estensione a seconda delle variazioni stesse.

La piana alluvionale di Firenze-Prato-Pistoia manterrà la stessa fisionomia senza ulteriori cambiamenti. Sarà soltanto l'impatto antropico, a partire dal mesolitico, a modificarne la fisionomia.

5.2 Modalità insediative ed aspetti culturali nella Piana di Sesto Fiorentino: dalle prime manifestazioni Mesolitiche alla Media età del Bronzo

L'intera piana di Sesto Fiorentino doveva costituire, durante la preistoria, una via privilegiata di comunicazione: le probabili direttrici sono ipotizzabili lungo la valle dell'Arno, sia verso il Valdarno inferiore, che verso il Valdarno superiore. Già nelle prime fasi del Neolitico la piana fiorentina appare una zona interessata da contatti e scambi frequenti con i gruppi umani dell'Italia sia settentrionale che meridionale, i quali alternativamente sembrano aver avuto un influsso più o meno importante negli aspetti culturali locali, creando dei collegamenti anche con le aree transalpine e delle isole.

In tutto l'areale di Sesto Fiorentino è stata riscontrata una quasi totale assenza di complessi pleistocenici: si ritiene che le presenze paleolitiche della zona fossero più probabilmente localizzate sui rilievi che a Nord circondano il bacino di Firenze-Prato-Pistoia. Qui l'intensa attività di erosione dei pendii e la conseguente distruzione dei depositi archeologici pertinenti al pleistocene rappresenterebbero la causa della mancata documentazione dei depositi archeologici delle comunità paleolitiche. Le popolazioni mesolitiche adattate alla trasformazione del territorio al termine dell'ultima glaciazione

(ca. 10 Ka), sono ritenute le prime a stanziarsi nella piana; come testimoniato dal sito di Olmicino (Sesto Fiorentino). L'importanza di tale insediamento risiede soprattutto nella sua posizione di insediamento in pianura (Martini 1998; Sarti, Martini, 1993).

È durante il Neolitico che si hanno le prime rilevanti tracce di insediamenti estesi, stabili, ripetuti e talvolta stratificati, anche se spesso legati a soste stagionali. È bene sottolineare che lungo l'intero arco della preistoria l'impianto degli abitati non segue un canone omogeneo, ma per ogni periodo indagato si rilevano modalità insediative caratteristiche. Durante tutto il Neolitico ed anche per tutta la prima fase dell'età del Rame le strutture rilevate a Sesto Fiorentino sono impiantate direttamente sul suolo di base, senza l'apporto di preparazioni preliminari. Le strutture coperte risultano quasi sempre infossate in leggeri avvallamenti scavati intenzionalmente (Spazzavento) e localizzate talora nei pressi di paleoalvei, ma non all'interno di essi. In alcuni siti i piani basali sono corredati da pietre più o meno grandi, abbastanza distanziate e prive di connessione (Neto Via-Verga), inoltre non sono mai stati documentati ciottolami, sia naturali che artificiali (Sarti, Martini, 2000; 2001b). La più antica frequentazione di questo territorio, ricollegabile ad un vero e proprio impianto insedia mentale, è rappresentata dai siti di Mileto e di Podere della Gora II: entrambi risalgono alla fine del VI-inizio del V millennio a.C. in cronologia calibrata (Sarti, Martini, 1993). L'insediamento di Mileto, riferito alla corrente culturale della ceramica a linee incise, sembra indicare un sito specializzato nella cottura della ceramica a riprova che in questo periodo è ben attestata l'organizzazione spaziale degli abitati con un'articolata suddivisione degli spazi funzionali e delle aree artigianali (Sarti, Martini, 2005). L'interpretazione del sito di Mileto è comprovata dal rinvenimento di tre fosse di combustione e dell'assenza di strutture abitative standard. Si precisa che il termine "struttura" utilizzato in questa tesi, riprende un'ipotesi già proposta (Sarti, Martini, 2001b) ed è utilizzato in corrispondenza di una zona di alta concentrazione di materiali, con profilo abbastanza regolare ed accompagnata da sottostrutture, quali buche di palo, focolari e fosse, essa viene interpretata sulla base dei parametri sopra citati come una possibile zona coperta. Le analisi chimico-fisiche del riempimento delle fosse di Mileto hanno rilevato l'assenza di tracce di sostanze organiche, indicando che le fosse non erano utilizzate per la cottura di alimenti. Questo dato insieme allo studio della morfologia delle tre fosse sembra delineare quale ipotesi più probabile l'interpretazione delle fosse come rudimentali forni per la cottura della ceramica (Radina, Sarti, 2004). Ipotesi relative a

rituali non sembrano avvalorate dal dato archeologico. Strutture simili a quelle di Mileto sono state individuate nel territorio in esame anche nel sopra citato Podere della Gora, anche se le dimensioni sono notevolmente più piccole. A differenza di quelle di Mileto le analisi dei riempimenti delle strutture di questo sito hanno messo in luce resti di leguminose, castagne d'acqua e graminacee, permettendo di ipotizzare l'uso di alcune fosse di Podere della Gora come forni per la cottura di vegetali (Arangueren *et alii*, 1987). Nel primo quarto del IV millennio sono documentate a Sesto Fiorentino nel sito di Spazzavento alcune strutture abitative infossate di tipologia molto simile a quella documentata nel nord della penisola, nell'ambito del medesimo complesso culturale (Sarti, Martini, 1993). Ulteriori presenze nel territorio sono attestate nel Neolitico recente e finale, come testimoniano gli orizzonti di Neto di Bolasse e di Neto Via-Verga (area 1 e 2, orizzonte 7). A Neto di Bolasse non sono venuti alla luce elementi pertinenti a strutture abitative, ma la particolarità del sito è rappresentata dal piano di abitato apparso addossato all'argine naturale di un corso d'acqua nel quale resta una estesa l'ente di ciottolami (Sarti, Martini, 1993). A Neto via-Verga le strutture abitative mostrano un impianto poco profondo e di forma ellissoidale, le dimensioni delle strutture sono ridotte. Delle strutture si sono conservati alcuni fori di palo e una sorta di pavimentazione costituita da piccole pietre con un battuto di terra sul quale si impostano i focolari e le fosse di scarico (Fenu *et alii*, 2003). L'importanza dell'abitato di Neto Via-Verga è legata sia alla lunga successione stratigrafica compresa tra il Neolitico di Facies a VBQ (vaso a bocca quadrata) e la Facies Campaniforme, sia alle tracce di lavorazione del metallo, individuate nei livelli eneolitici, nella zona est dell'insediamento (orizzonte 5).

Per quanto riguarda gli orizzonti culturali, durante le prime manifestazioni Neolitiche sono sicuramente i contatti con l'Italia settentrionale ad essere prevalenti nella piana di Sesto, non solo per gli aspetti della ceramica a linee incise, documentati dal sito di Mileto, ma anche per gli aspetti riferibili alla facies dei Vasi a Bocca Quadrata (databile intorno alla metà del V millennio a.C. in cronologia calibrata), testimoniati a Sesto Fiorentino dagli insediamenti di Spazzavento e di Neto Via-Verga (Sarti, Martini, 1993). Essi mostrano, oltre ai caratteri costruttivi delle strutture insediative una produzione ceramica confrontabile soprattutto con quelle dell'Emilia e della Liguria, riferibile ad un momento non avanzato dello sviluppo di questa cultura. Inoltre sia a Mileto che a Spazzavento e a Neto Via-Verga sono stati rinvenuti elementi di impasto depurato simile a quello figolino,

i quali sembrerebbero indicare influenze anche dall'Italia centro meridionale. L'artigianato ceramico del Neolitico recente e finale (orizzonte 7 di Neto) è caratterizzato da caratteri che rimandano ad uno stile di più ampia diffusione, il quale interessa tutta la Toscana e l'Italia centrale, che testimonia contatti adriatici e richiama produzioni della Liguria e della Francia meridionale. Questo gusto si tramanda, con alcune modificazioni importanti, anche nella fase abitativa successiva del primo Eneolitico (orizzonte 5 di Neto-Via Verga). La produzione ceramica e litica di queste comunità si inserisce in un gruppo produttivo e culturale recentemente definito "tosco-emiliano-romagnolo" (Sarti e Volante 2002).

Le modalità costruttive dell'età del Rame, come già accennato, mantengono nelle linee generali il carattere registrato durante tutto il Neolitico, con strutture abitative impostate direttamente su un suolo di base o in leggeri avvallamenti, senza importanti preparazioni preliminari, tranne, talora, una sorta di drenaggio con scarso pietrame incoerente inglobato in una rudimentale pavimentazione di terra battuta. L'unica innovazione riguarda l'avvallamento preliminare nel quale impiantare la struttura medesima, avvallamento che appare talora più ampio e soprattutto più profondo, tanto da fare ipotizzare una struttura parzialmente infossata (Volpaia, Via-Leopardi). L'impianto abitativo Eneolitico di Via Leopardi si contraddistingue soprattutto per il suo piano pavimentale, il quale deposto sul fondo di un avvallamento artificiale nei limi di base è costruito con ghiaie, clasti, ciottoli e arenarie misti a frammenti ceramici ed ossei, tutti ben accostati tra loro. L'utilizzo di tale pavimentazione è interpretato come funzione drenante. In ambito culturale, la produzione ceramica del primo Eneolitico nell'area di Sesto Fiorentino, rappresentata dai siti di Neto Via-Verga e Podere San Pietrino, sembra indicare una *Facies* archeologica che conserva una forte tradizione Neolitica sia negli artigianati che nell'economia che si mostra recettiva agli apporti e alle influenze di aree vicine. La produzione ceramica di Sesto Fiorentino appartenente alla seconda fase dell'Eneolitico (così definita nella scansione locale), presenta alcuni caratteri che richiamano in parte quelli presenti negli artigianati della zona medio-tirrenica (area grossetana, senese e Versilia) ma con una rielaborazione originale, secondo un gusto che la connota fortemente a carattere locale. Si tratta di vasi e di tazze, talune con anse a nastro più o meno sopraelevate sull'orlo e di vasellame a superfici scabre ottenute spazzolando l'argilla ancora fresca oppure con decorazioni impresse o ottenute mediante riporti di argilla (Grifoni et alii 2001). Il ciclo produttivo del pieno Eneolitico sembra concludersi nel

territorio di Sesto Fiorentino nell'ultimo quarto del IV millennio a. C. (in cronologia calibrata) con una semplificazione, quasi un impoverimento sia della varietà delle forme ceramiche, sia dei motivi decorativi, così come testimoniato dalla produzione del sito di Via Leopardi-orizzonte superiore.

Intorno alla metà del III millennio a.C. (in cronologia calibrata) Sesto Fiorentino così come il resto del territorio intorno a Firenze e buona parte della Toscana vengono interessati dall'espansione della cultura "del bicchiere Campaniforme", una cultura cosmopolita, innovativa nei regimi economici, nei modelli costruttivi, nelle produzioni artigianali e negli aspetti funerari. Il fenomeno culturale del Campaniforme (terza fase del locale sviluppo Eneolitico) ha avuto nell'area fiorentina una fioritura particolare, che non ha al momento confronti, per densità di ritrovamenti, in altre regioni italiane. In questo periodo il territorio di Sesto sembra avere uno sviluppo demografico sconosciuto nei periodi precedenti e ciò è testimoniato dai molti insediamenti (circa quindici) che si collocano lungo la fascia pedecollinare (Sarti Martini 1993).

Gli impianti insediativi del Campaniforme evoluto sono realizzati secondo un canone costruttivo preferenziale; gli insediamenti sono impostati all'interno di paleoalvei. Vengono sfruttati i depositi ghiaiosi di fondo canale aventi probabilmente la funzione di drenaggio. Sono inoltre documentati alcuni interventi artificiali, fra cui l'ampliamento del piano drenato mediante un riporto di calcari, arenarie di medie e di piccole dimensioni, di ghiaie grossolane, di residui ossei e fittili. La sommità di tale riempimento va a costituire il piano di calpestio della struttura abitativa, sulla quale si rinvencono sia i materiali archeologici che l'impianto di alcune strutture evidenti. Questo tipo di intervento, preliminare all'insediamento, ricorre costantemente a partire dalla fase evoluta ed è sconosciuto nei periodi precedenti (Sarti Martini 2001b).

Per il Campaniforme antico è evidente un'unica struttura, quella di Neto Via-Verga, la quale appare isolata e relativa ad un'unica breve e sporadica sosta, che sembra non aver richiesto importanti opere di strutturazione insediativa. Tale struttura non è confrontabile con i canoni diffusi nel Campaniforme successivo. La semplicità dell'impianto è comunque probabilmente legata anche alla breve durata, ed è sottolineata dall'assenza di strutture evidenti. Al Campaniforme evoluto di Sesto Fiorentino sono riferibili sia insediamenti ampi nei quali si distinguono più strutture abitative anche se singole (Querciola, Semitella, Lastruccia Bulimaccio-Cilea), sia strutture isolate (Campo del Sorgo, Volpaia, forse

Sassaiola). Gli impianti isolati degli insediamenti sopra citati non sono mai stati rinvenuti integri e questo non ha permesso, nella maggior parte dei casi, di accertare le loro dimensioni. Il fatto che fossero strutture isolate è ben documentato dai saggi stratigrafici effettuati, i quali hanno escluso la presenza di altri impianti nelle vicinanze. Gli insediamenti di Querciola e Semitella testimoniano congiuntamente una lunga durata della frequentazione della medesima zona; non si ha una successione stratigrafica, ma impianti successivi dislocati a breve distanza (*Ibid*). L'area di Lastruccia comprende tre nuclei distinti: Lastruccia 1-2-3. Lastruccia 1 è l'impianto insediativo più ampio ed ha restituito una serie stratigrafica molto lunga. La fase del Campaniforme evoluto è presente in una posizione molto ampia di Lastruccia 1 (orizzonte S). Anche l'insediamento di Bulimacco-Cilea sembrerebbe aver avuto un'estensione molto ampia, purtroppo al momento dello scavo il sito era già stato in parte danneggiato e la superficie superstite risulta molto ridotta.

Il Campaniforme si sviluppa in area fiorentina per circa 500 anni; la sequenza cronostatigrafica relativa alla sua evoluzione che è stato possibile ricostruire, vede le prime manifestazioni ceramiche di questo periodo caratterizzate da attributi stilistici internazionali, i quali successivamente si regionalizzano, alla fine del III ed agli inizi del II millennio in cronologia calibrata, dando origine ad un aspetto locale del Bronzo antico, cosiddetto Epicampaniforme (Sarti e Martini 1996; 2000). L'aspetto del Campaniforme meglio documentato nel territorio fiorentino è quello che risale ad un momento evoluto, riferibile ad un aspetto più regionalizzato. La ceramica decorata di questo aspetto comprende una buona varietà di forme (per lo più tazze e scodelle), omogenee soprattutto per quanto riguarda la decorazione. Alcuni dei rari elementi di ceramica non decorata mostrano il perdurare di un repertorio morfologico legato alla tradizione locale pre-campaniforme, altri invece sono tipici del Campaniforme anche europeo. Questa associazione di elementi locali e di apporti cosmopoliti dimostra come l'area fiorentina di questo periodo sia stata coinvolta nei fenomeni culturali di più ampio respiro che coinvolgono più direttamente la zona mediterranea (Francia meridionale), l'Europa centro-orientale (Boemia, Moravia) e l'Europa centrale (Germania meridionale e Alta Austria), mantenendo comunque una fisionomia originale e tipica di quest'area (Sarti 1996; Leonini 2004). Le rielaborazioni locali del gusto ornamentale individuano un aspetto medio tirrenico, che mostra legami anche con la Sardegna; continuano dunque i rapporti

tra Sardegna, arcipelago toscano e zone costiere del medio Tirreno già istituiti in momenti precedenti (Sarti e Martini 2002). La varietà e l'abbondanza delle testimonianze campaniformi distinguono al momento l'area fiorentina all'interno del panorama italiano. La capacità della cultura Campaniforme di radicarsi nel territorio vede nell'area di Sesto Fiorentino, la permanenza del suo influsso culturale anche durante la prima età del Bronzo. In base a quanto appena detto, la prima età del Bronzo non può essere analizzata prescindendo dalla tradizione Campaniforme, la quale nei primi secoli del II millennio influenza ancora fortemente sia l'organizzazione delle attività, sia i regimi economici e la produzione artigianale. Per i motivi appena descritti la *Facies* culturale della prima età del Bronzo della piana di Sesto viene, come già accennato, definita Epicampaniforme, così da rendere evidente il legame con il precedente periodo Eneolitico. Tale modello di sviluppo è riscontrabile anche in altre aree europee, dove il Campaniforme appare ben inserito nella realtà locale (Sarti et alii 1997a,b).

Durante tutta la prima età del Bronzo la pianura fiorentina sembra essere stata densamente popolata; gli insediamenti sembrano essere stati meno numerosi rispetto all'Eneolitico, ma appaiono più estesi e molto spesso plurifase. L'impianto insediamentale dei siti epicampaniformi sembra mantenere i medesimi canoni di quelli utilizzati nei siti campaniformi. Sembra restare in uso la prassi insediamentale all'interno dei paleoalvei, insieme alla preliminare costruzione di un piano drenante dove impostare la frequentazione del sito (Sarti Martini 2001b). Anche le composizioni di tali piani drenanti, effettuati con pietre, ghiaie, frammenti ceramici e resti ossei, restano immutate. Le strutture abitative sembrano circoscritte e aventi morfologia ellittica molto allungata (Lastruccia 2-3) (Sarti Martini 1998). In questo primo periodo del Bronzo antico fossette e pozzetti sono presenti in ogni insediamento, ma in numero limitato, rispetto al periodo precedente. Un'innovazione di questo periodo è la tendenza al riutilizzo nel tempo del medesimo paleoalveo, questa nuova tendenza è attestata dai siti di Lastruccia 1 e 3 (Sarti Martini 2001b). Il ripristino dell'abitazione avveniva con la costruzione di un novo piano di calpestio, il quale nell'orizzonte più antico seguiva, come già accennato, gli schemi del Campaniforme evoluto, mentre nei siti pertinenti all'orizzonte successivo il drenaggio appare più sottile, con un minore accumulo di resti ceramici ed ossei e, nel complesso, meno strutturato. Quanto appena descritto è attestato da una delle aree del sito di Termine Est, attribuito al secondo momento del bronzo antico (Sarti Martini 2001b). Qui la struttura

abitativa sembra essere stata inserita all'interno di un paleoalveo ma con piano drenante più sottile e con pietrame più rado, rispetto a quello sei siti dei periodi precedenti. I dati provenienti dai siti dell'età del Bronzo appena descritti, verranno incrementati da quelli provenienti dal sito indagato nella seguente tesi, Via Neruda, i quali potranno arricchire ulteriormente le conoscenze sulle modalità insediative riferibili all'età del Bronzo nella piana di Sesto.

La, già descritta capacità del Campaniforme di radicarsi nel territorio di Sesto Fiorentino, permeando anche la cultura della prima età del Bronzo, si osserva non solo per quanto riguarda le modalità insediative, ma anche nei regimi economici, nella produzione litica e ceramica e nel gusto decorativo dei siti dell'Epicanpaniforme. Le produzioni ceramiche di questo periodo comprendono tazze e scodelle con un profilo ancora sinuoso, la decorazione è semplice nella sintassi e chiaramente ispirata a quella del periodo precedente, anche se ottenuta con una tecnica più trascurata (Martini e Sarti 2000). Per quanto riguarda le fasi più avanzate del Bronzo antico (fase locale 2 e 3), queste si differenziano dalla fase precedente soprattutto per l'evoluzione del gusto decorativo e dei modellati della ceramica. La decorazione di tradizione campaniforme va a scomparire e inizia ad essere frequente la decorazione plastica applicata. Le forme del vasellame (tazze e scodelle) sono più spesso globulari e non più sinuose, anticipando in parte quelle della media età del Bronzo. Una caratteristica locale sembra essere la comparsa precoce della decorazione a solcature, più o meno larghe; essa rimarrà una caratteristica anche del Bronzo medio fiorentino e sembra accomunare la zona di Sesto al gusto ornamentale di alcune aree transappenniniche. In generale, nelle produzioni ceramiche del momento avanzato del Bronzo antico e ancor più con il passaggio al bronzo medio si notano nel territorio fiorentino cambiamenti significativi; i rapporti culturali sembrano di nuovo intensificarsi sia con le aree transappenniniche (introduzione di modelli più propriamente "poladiani" e in minor misura "terramaricoli") e con alcune zone della Toscana meridionale, soprattutto con il senese (Belverde di Cetona e Grotta dell'Orso di Sarteano, per esempio).

Il primo Bronzo medio, intorno alla metà del II millennio sembrerebbe documentare una serie di abitati che mostrano uno sfruttamento diversificato, rispetto ai periodi precedenti, del territorio di Sesto fiorentino. Alcuni insediamenti continuano ad essere ubicati nella piana (Petrosa, Frilli C, Dogaia, Termine Est 2) (Martini, 2000; Martini, Sarti, 1993), ma altri

abitati sono impostati sui rilievi circostanti la piana e sulle pendici del Monte Ferrato, a quote comprese tra m 140-400 s.l.m. L'uso non esclusivo della piana costituisce un fattore nuovo; la risalita sui rilievi potrebbe essere legata a fattori ambientali, quali un inizio di trasformazione del bacino da lacustre a palustre. Questa ipotesi non trova però al momento nessuna valida attestazione. Tale strategia insediativa potrebbe essere legata anche alla necessità di impianti maggiormente difesi e protetti, come sembra avvenire in questo stesso periodo anche in altre zone della penisola italiana.

Per quanto riguarda gli impianti abitativi del Bronzo medio nella piana fiorentina, sembrerebbe documentato già nel primo bronzo medio il definitivo abbandono dei paleoalvei e conseguentemente dell'impiego di piani drenanti preliminari agli impianti costruttivi; strategia insediativa iniziata nel Campaniforme evoluto, proseguita nel primo aspetto del Bronzo antico e già affievolita nel secondo aspetto. Le abitazioni sono costruite in leggeri avvallamenti, non sempre vicini a solchi di fondo canale, con basi pavimentali di scarso impegno e costituiti da poco pietrame; drenaggi di scarso impegno relativi a strutture leggermente infossate sono documentati a Petrosa (Sarti 1994), ma anche a Lastruccia 1-orizzonte C e Val di Rose, le aree abitative sono localizzate non all'interno ma nei pressi dei paleoalvei (Sarti e Martini, 2001b).

Per quanto riguarda il quadro culturale del Bronzo medio iniziale sembra proponibile una scansione in più momenti, soprattutto grazie alla serie stratigrafica del sito S. Antonio a Sesto Fiorentino, ancora inedita, e agli altri siti monofase già citati. Nelle produzioni si notano affinità con l'ambiente emiliano e romagnolo (gruppo del Farneto e ambito terramaricolo) e apporti, sia dalla Toscana meridionale e dall'alto Lazio (gruppo di grotta Nuova), sia dalla Toscana nord-occidentale (gruppo di Candalla) (Volante, Barbi, 2003). La fase finale del Bronzo medio è invece attestata dai livelli 3B-C di Termine Est e dalla produzione, purtroppo non molto abbondante, dei livelli superiori di Podere S. Antonio (Sarti, Martini, 2001). La scarsità di attestazioni di questa fase avanzata del Bronzo medio non permette al momento di definire in modo esaustivo il carattere culturale di queste produzioni, come per quanto riguarda le prime fasi. In generale pare esservi una persistenza, forse addirittura un'intensificazione dei rapporti con l'ambiente settentrionale, mentre sembra esservi una speculare diminuzione degli elementi ricollegabili alla Toscana meridionale e all'alto Lazio.

5.3 Lo scavo di Via Neruda

Il sito di Via Neruda è localizzato nel comune di Sesto Fiorentino, lungo Via Neruda, tra viale Pasolini e via dei Giunchi (Fig. 13).



Fig. 13. Figura aerea di localizzazione del sito di Via Neruda

Al momento dello scavo, l'area era già interessata da lavori edili che, come è emerso dallo scavo, hanno obliterato una porzione dell'estensione originale del sito. Le attività di scavo sono state effettuate per un' estensione di 386 mq e si sono svolte tra il Giugno e il Novembre dell'anno 1999, sotto la direzione scientifica della sezione di Preistoria dell'Università di Siena e di Firenze, su incarico della Soprintendenza Archeologica per la Toscana.

5.4 La stratigrafia

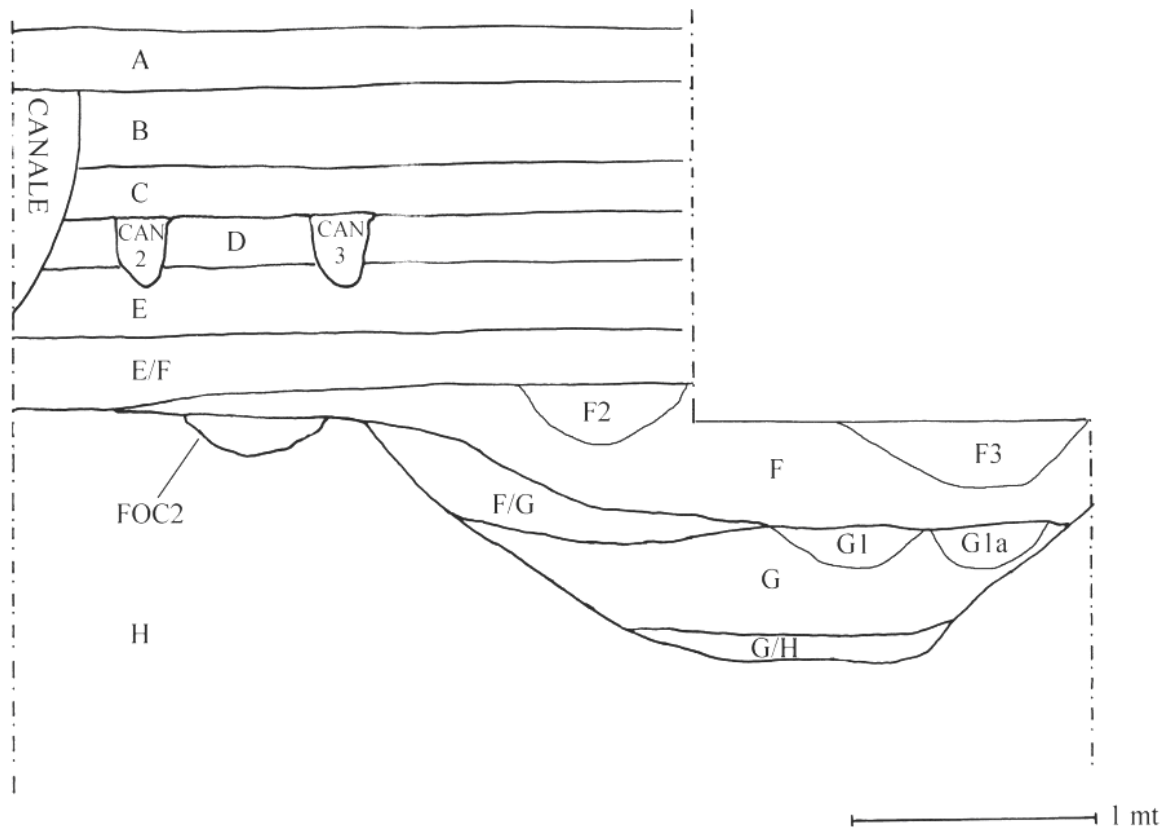


Figura 14: schema stratigrafico del sito di Via Neruda

I dati, ancora inediti, sono stati forniti da Lucia Sarti (Università degli Studi di Siena).

La sequenza stratigrafica (Figura 14) è contenuta nei pressi di un paleoalveo, avente andamento fortemente sinuoso a direzione Nord Est/Sud Ovest; il letto del canale in disuso è stato sfruttato per la costruzione di impianti abitativi. Essa è localizzata presso la sponda destra, la parte restante del paleoalveo era stato asportato dai precedenti lavori di lottizzazione prima dell'intervento archeologico. La serie stratigrafica dall'alto si può sintetizzare:

- ☞ **Strati A, B e C:** I livelli più alti, riferibili a riporti di uso agricolo e a livelli alluvionali colmavano completamente il paleoalveo, e sono stati asportati con piccolo mezzo meccanico;
- ☞ **Strato D:** Lo strato D è uno strato di colluvio, con reperti scarsi e molto frammentari, variamente distribuiti nello spessore; colmava quasi completamente il

paleoalveo. E' il primo ad aver restituito materiali archeologici preistorici, probabilmente riferibili al Bronzo Medio;

- ☞ **Strato E:** Al di sotto dello strato D giaceva lo strato E, interpretato come livello di frequentazione; è uno strato a matrice limosa con reperti di piccole dimensioni e una concentrazione significativa di concotti; il materiale archeologico è riferibile probabilmente ad una fase avanzata del Bronzo antico;
- ☞ **Strato F.** Lo strato F è costituito da limo grigio scuro, ghiaino e pietre; è interpretabile come una zona strutturata di frequentazione. Ha restituito una notevole quantità di materiali archeologici, appartenenti ad una fase avanzata del Bronzo antico-primario Bronzo medio. Un orizzonte alluvionale (E/F) costituito da limo scuro, con sporadici reperti costituisce un orizzonte di passaggio tra lo strato E ed F. Il livello di frequentazione dello strato F si collocava a monte rispetto alla zona frequentata durante la formazione dello strato G.

Le maggiori concentrazioni di reperti dello strato F sono localizzate nella zona Nord-Ovest dell'area di scavo, in un sotto orizzonte costituito da ghiaino (**strato F1**), dove si aprono alcune strutture, fra le quali una fossetta (focolare 2) di forma sub circolare, la quale intacca in parte le argille sterili di base (strato H) ed in parte uno strato sabbioso (strato F/G). Fanno parte dello strato F due sottolivelli, circoscritti in aree limitate di forma ellittica: zone in parte strutturate intenzionalmente, quasi una sorta di preparazione del piano, con un riempimento a ghiaino (strato F1) e con pietre di grandi dimensioni (strato F1A). La zona Nord-Est dello scavo appariva meno strutturata e lo strato F più sottile si impostava su due lenti di ghiaie di medie e grandi dimensioni, poco antropizzate e contenenti materiale archeologico colluviato (strato F2 e strato F3).

- ☞ **Strato G.** Lo strato G è costituito da limo grigio, ghiaino, anche di medie e grandi dimensioni, è riferibile alla area strutturata della più antica fase di frequentazione del sito. Ha restituito un'alta percentuale di materiali archeologici riferibili al Bronzo Antico-inizi Bronzo Medio oltre a frustoli di carbone e numerosi concotti. Un livello alluvionale strato F/G, costituito da limo sabbioso, contenente rari reperti archeologici tipologicamente coerenti con quelli dello strato G, costituisce il momento di abbandono dello strato G. Fanno parte dello strato G compreso nel paleoalveo, due sottolivelli individuati nella parte basale dello strato. Essi sono

riferibili a zone circoscritte, dove la granulometria del sedimento del paleoalveo era già naturalmente diversa ed in parte strutturata intenzionalmente, a creare quasi una sorta di drenaggio del piano. Si tratta in un caso (strato G1) di una preparazione poco spessa e costituita da ghiaie di piccole dimensioni e da materiali archeologici, posta nei pressi del margine destro del paleoalveo. Nell'altro caso (strato G1A), dove lo strato è costituito ancora da ghiaie di piccole dimensioni, ricco di frustoli di carbone e materiali archeologici, sono stati rinvenuti molti frammenti lignei combusti di grossa dimensione, localizzati a colmare un avvallamento dello strato argilloso H. Nello strato G: in prossimità della sponda destra conservata del paleoalveo sono state messe in luce tre fosse circolari ravvicinate (Buca 3, Buca 4 e Buca 5), a sezione conica e con un unico riempimento di limo grigio scuro ad eccezione della buca 3 che conteneva anche poche pietre e frammenti ceramici. E' probabile che ospitassero pali lignei, dei quali nella fossa 3 si sono conservati anche i probabili elementi di ricalzo. Sul margine opposto dello scavo, lato nord est, è stata individuata un'altra fossa (buca 1), dalla morfologia allungata con terreno limoso, pietre e frammenti ceramici. All'interno conteneva un grande frammento ligneo combusto di forma conica, lacunoso nella parte sommitale. E' stata interpretata come buca per palo; il disfacimento del materiale organico probabilmente ivi contenuto ha lasciato una estesa traccia carboniosa nelle immediate adiacenze. Nella zona in cui lo strato G sembrava meno strutturato è stata rinvenuta una concentrazione di limo nero ricco di carboni (focolare 1), probabilmente riferibile ad uno scarico di ceneri e carboni.

☞ **Strato H.** Lo strato H è costituito da argille limose di colore giallastro con noduli calcarei è riferibile al livello di base, precedente la frequentazione di età preistorica.

5.5 Le Strutture

I dati, ancora inediti, sono stati forniti da Lucia Sarti (Università degli Studi di Siena).

Come si evince dalla sequenza stratigrafica, sia durante la fase di frequentazione corrispondente allo strato F, sia durante quella relativa allo strato G, inerente all'impianto dei piani abitativi, è stato usato il fondo di un grande paleoalveo naturale, fortemente sinuoso, adattandolo alle esigenze abitative. Si tratta di una strategia insediativa tipica dell'ambito Sestese, che si riscontra a partire dal Campaniforme. La prima fase dell'insediamento, corrispondente allo strato G, comprensivo dei sottolivelli, strati G1 e G1A, è relativa alle fasi avanzate del Bronzo antico e forse del primo Bronzo medio; il livello di frequentazione ha utilizzato il fondo del taglio del paleoalveo regolarizzandolo e organizzandolo con clasti, ciottoli di calcare, resti organici, legno e un'alta percentuale di materiali ceramici. A questa stessa fase corrisponde l'impianto di quattro buche, probabili buche di palo, circolari, tre delle quali molto ravvicinate e prospicienti la sponda del paleoalveo. Soltanto la buca 1 sembra aver conservato resti lignei carbonizzati. Sono state rinvenute alcune sottostrutture come lo scarico di carbone e di terreno carbonioso e due aree di probabile adattamento preliminare dell'impianto di base costituite oltre che da ghiaia, resti ceramici, litici e di resti animali (strato G1), anche da alcuni elementi lignei, di cui si sono conservati frammenti negli strati G e G1a.

La fase successiva, relativa allo strato F e ai relativi sottolivelli (strati F1, F1A, F2 ed F3), corrispondente ad una fase avanzata del Bronzo Antico-primo Bronzo Medio, riempiva la parte più alta del taglio del grande paleoalveo, regolarizzandone la base con drenaggi artificiali, e non insisteva sulla stessa zona della fase relativa allo strato G. La zona di maggior strutturazione dello strato F, infatti, è localizzata solo nella porzione Nord-Ovest dello scavo; nelle altre zone, anche in corrispondenza con il sottostante strato G, i materiali risultano sporadici. Nella zona dove lo strato F appare più strutturato si apre una struttura di combustione, denominata focolare 2, che ha restituito numerosi frammenti carboniosi, ceramici e ossei, parzialmente combusti.

5.6 Inquadramento cronologico dei materiali ceramici

Dallo studio preliminare del materiale sembrano ravvisabili almeno due momenti di frequentazione, individuabili con lo strato G e lo strato F (ed i loro sotto orizzonti), relativi ad aree di adattamento del piano del paleoalveo.

La morfologia delle produzioni ceramiche sembra suggerire uno scarto cronologico tra i due momenti, impressione che sembrerebbe trovare conferma dalla posizione stratigrafica e dalla disposizione non contigua delle zone maggiormente strutturate delle due fasi (vedi paragrafo 4.4 e 4.5). Le discrepanze evidenziate dal punto di vista formale e tipologico non sono, tuttavia, così evidenti ad un'analisi preliminare a livello tecnologico.

La produzione ceramica della fase più antica (livelli G, G1, G1A) è caratterizzata dalla persistenza di elementi decorati nello stile campaniforme, con l'impiego del pettine e con sintassi in bande orizzontali sovrapposte, in associazione con elementi incisi che chiaramente si ispirano a questa tradizione ma la rielaborano in motivi originali e complessi.

I motivi di tradizione campaniforme conservati si presentano, rispetto alla tradizione Neolitica, organizzati sempre in fasce orizzontali ma meno numerose, con motivi semplificati e spesso privi di marginatura inferiore. Uno stile ben confrontabile, ad esempio, con lo strato 6 di Lastruccia 3 (Balducci 2000, fig 29 n°4.). Permangono i triangoli campiti a tratteggio e con punzonature, riscontrabili anch'essi con Lastruccia 3 strato 6 (Balducci 2000, fig 29 n°3,4).

Più numerosi e innovativi sono i motivi ottenuti ad incisione che si organizzano in sintassi complesse e articolate. Molto diffusi sono i frammenti con motivi triangolari o a zig zag marginati osservati nel sito archeologico di Lastruccia 3 strato 6 (Balducci 2000, fig 30 n°3,4) e Termine Est 2 strato 3E (Modo e Sarti 2000, fig. 46 n° 2,3-5); e quelli con linee frangiate sempre del sito di Lastruccia 3 strato 6 (Balducci 2000, fig 30 n°1,6), e Termine Est 2 strato 3E (Modo e Sarti et al 2000, fig. 46 n° 7,8). Per il grado di frammentarietà dell'industria non è stato possibile ricostruire le morfologie delle forme decorate nello stile campaniforme, mentre si presentano più leggibili quelle caratterizzate da decorazione incisa. Tra esse si segnala una forma media (tazza) composta da modulo superiore cilindrico e inferiore troncoconico, con vasca profonda e carena alta interamente campita

da motivi incisi costituiti da bande orizzontali di triangoli marginati e bande verticali costituite da associazioni di zig zag e linee frangiate. Questo esemplare trova uno stringente riscontro con quello di Lastruccia 3, Strato 6 (Balducci 2000, fig 30 n°1,6).

Tra la ceramica così detta comune sono bene attestate le forme profonde, vasi, soprattutto semplici cilindriche e le forme medie (tazze) di dimensioni medio-piccole. Tra esse sono attestate sia forme semplici emisferiche con ansa a nastro verticale impostata appena sotto l'orlo, confrontabili con gli esemplari di Lastruccia 3, strato 6 (Balducci 2000, fig 32 n°2,3), che composte; queste ultime sono ben rappresentate. La morfologia maggiormente caratteristica vede una carena bassa o mediana con modulo inferiore a calotta, spesso con pareti così rigide da tendere al troncoconico, e modulo superiore cilindrico con ansa a nastro verticale impostata sulla carena; attestate a Termine Est 2, strato 3E (Modo e Sarti 2000, fig. 49 n° 3,5) e a Madonna del Piano strato 7 (Fenu 2000 fig. 44 n°4,5).

Documentate in modo minore le forme basse (scodelle) e molto basse (piatti). Tra le forme basse sono da segnalare alcuni esemplari composti con carena alta, parete superiore breve e rettilinea con orlo quasi rientrante e vasca ampia che trovano confronto con alcuni esemplari di Madonna del Piano strato 7 (Fenu 2000 fig. 44 n°3), Termine Est 2 strato 3E (Modeo e Sarti 2000 fig. 50 n° 5) e Campo del Sorgo (Sarti e Martini 1993). Tra queste si annoverano alcuni esemplari di dimensioni medio grandi e breve parete rettilinea divergente con interno interamente annerito, interpretabili come piastre o comunque elementi funzionali alla cottura.

Da questa breve disamina sembra possibile inquadrare, in via preliminare, la prima fase di frequentazione di Via Neruda, relativa allo strato G, in un momento maturo del Bronzo antico, in un segmento cronologico compreso tra la seconda e la terza fase di questo periodo, come proposto per la seriazione locale (Sarti 2000).

La fase più recente di occupazione del sito, riferibile allo strato F e ad i suoi sotto orizzonti F, F1, F1a, F2, F3, presenta caratteri che sembrano indicare una leggera evoluzione rimanendo, però, ancora strettamente legati al periodo precedente. Tra le decorazioni, infatti, permangono elementi incisi con motivi organizzati a bande orizzontali frangiate, talvolta organizzati in motivi metopali complessi. Alcuni di essi si ritrovano su piccole forme medie (tazze) bitroncoconiche con carena bassa o mediana. A livello formale sembrano maggioritarie le forme medie e basse (tazze e scodelle), soprattutto composte. Tra le forme medio-basse ha una notevole affermazione un modello chiaramente derivato

dalla fase precedente che vede una carena bassa sulla quale si imposta un'ansa a nastro verticale, vasca troncoconica poco profonda ma sviluppata e parete superiore breve rettilinea diritta o convergente. Bene attestate anche forme medie o basse con carena alta, modulo inferiore troncoconico e superiore cilindrico, spesso con orlo everso, confrontabili con quelle dello strato 3 di Lastruccia 3 (Lo Monaco M. 2000 fig. 40 n° 5). Su alcune di queste si imposta, all'altezza della carena, una presa a linguetta orizzontale con due fori passanti.

In attesa del completamento dello studio e di datazioni radiometriche è comunque possibile collocare, sulla base di analogie formali con siti coevi, la prima fase di frequentazione di Via Neruda (rappresentata dallo strato G e dai relativi sottolivelli) in un lasso di tempo compreso tra la seconda e la terza fase del Bronzo antico, serie locale, quindi tra l'inizio e la seconda metà del XVII secolo a.C.; mentre la fase più recente (rappresentata dallo strato F e dai relativi sottolivelli) sembrerebbe di poco successiva, probabilmente ascrivibile alla fine del Bronzo antico, in un momento formativo del bronzo medio, precedente all'affermazione della *facies* di Grotta Nuova (Balducci et alii 2000).

6 Materiali e metodi

La metodologia di studio proposta oltre che a determinare le caratteristiche composizionali del complesso fittile di Via Neruda, si propone di stabilire se alla base della scelta delle materia prima utilizzata c'era una selezione delle materie prime, dettata da scelte di tipo tecnologico. Di conseguenza, successivamente a studi di tipo petrografico e analitico, sono state programmate delle prove di cottura sia su alcuni frammenti di materiale ceramico, sia su alcuni campioni di sedimento raccolti presso il Monte Ferrato (Prato) situati all'incirca a 25 Km dal sito archeologico, località individuata quale possibile zona di approvvigionamento delle materie prime.

Successivamente tramite il confronto con altri siti archeologici coevi e non, ci si propone di effettuare alcune osservazioni sullo sfruttamento delle materie prime utilizzate in ambito locale e regionale. Per rendere possibile il confronto il materiale archeologico è stato analizzato utilizzando, almeno in parte, le medesime metodologie di studio impiegate negli studi precedenti, quali lo studio petrografico in sezione sottile e l'analisi in diffrazione X con il metodo delle polveri.

Il repertorio ceramico del sito archeologico di Via Neruda, descritto nel paragrafo successivo, è stato studiato utilizzando i seguenti metodi analitici:

- ☞ Preparazione e studio di sezioni sottili dei frammenti campionati mediante l'utilizzo di un microscopio ottico polarizzatore (MOP) ;
- ☞ Analisi qualitativa delle componenti mineralogiche mediante diffrazione X con il metodo delle polveri (XRPD);
- ☞ Analisi qualitativa e quantitativa delle componenti mineralogiche mediante spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier (FT-IR);

Inoltre sono stati effettuati esperimenti termici su alcuni frammenti ceramici per ottenere informazione sul comportamento termico delle componenti mineralogiche dell'impasto mediante:

- ☞ Cottura su muffola e successiva analisi qualitativa delle componenti mineralogiche mediante diffrattometria e spettroscopia infrarossa

Infine si è provveduto al prelievo di tre campioni di materia prima di origine gabbrica, a diverso stato di alterazione, sulle pendici del Monte Ferrato presso Prato pensando potessero essere utili per definire la fonte di approvvigionamento della materia prima e la tecnologia di produzione. I campioni sono stati analizzati mediante:

- ☞ Preparazione e studio di sezioni sottili al microscopio petrografico;
- ☞ Analisi qualitativa mediante spettroscopia IR;

Infine anch'essi sono stati sottoposti a procedimento di cottura e successivamente analizzati mediante spettroscopia infrarossa.

5.1 I materiali

Oggetto di questo studio sono i reperti fittili provenienti dal sito archeologico di Via Neruda, Sesto Fiorentino (FI). Essi appartengono rispettivamente agli strati allo strato G (con i suoi sotto orizzonti G1A, G1 e G), ed F con i suoi sottolivelli (F, F1A, F/G).

I frammenti considerati diagnostici per una ricostruzione morfologica della forma o per la decorazione presente sulla superficie, sono stati "inventariati" e contrassegnati con un numero progressivo. Le coordinate spaziali ed una breve descrizione sono invece riportate all'interno di un'apposita scheda descrittiva. Tutti gli altri frammenti sono stati invece contrassegnati direttamente sulla superficie anteriore o posteriore a seconda del frammento, riportando : la sigla del sito, lo strato, il quadrato ed il taglio.

Il materiale ceramico si presenta leggermente corroso in seguito a fenomeni di alterazione post-deposizionali ed in alcuni casi ricoperti da incrostazioni calcaree. L'alterazioni ha interessato specialmente gli impasti più porosi grossolani ed è stata meno significativa nei frammenti che presentavano dei trattamenti superficiali. Molti frammenti presentano inoltre delle bruciature superficiali, specialmente gli impasti più grossolani.

I reperti ceramici non sono uniformemente distribuiti tra i diversi livelli archeologici. Per

una descrizione più dettagliata si rimanda alla descrizione archeologica del sito e ai risultati del materiale (paragrafi 4.4-4.5-4.6). La maggior parte di esso è stato ritrovato nello strato F, con i suoi sotto orizzonti. Il sotto orizzonte F è quello più cospicuo, seguito da F/G ed F1A. Per quanto riguarda lo strato G ed i suoi sottolivelli il materiale ceramico è così suddiviso. Nello sottolivello G1A la presenza di materiale ceramico è minima. I sotto orizzonti G e G1, presentano invece all'incirca la stessa quantità di reperti ceramici.

Il complesso fittile si caratterizza dalla presenza costante e abbondante di una componente a granulometria piuttosto grossolana con superficie ruvida o semiruvida, priva di decorazione e spessori che variano 5 ai 15 mm. Gli inclusi hanno una dimensione considerevole, in alcuni casi maggiore di 5mm.

Impasti ottenuti con tecnologia più accurata, spesso depurati con una granulometria degli inclusi generalmente inferiore ai 2mm, superfici lisce o semiruide e spessori che variano generalmente tra i 5 e i 10 mm sono presenti anch'essi in tutti gli strati ma la loro concentrazione aumenta procedendo nei sottolivelli di G (G1 e G1A), e specialmente nei sottolivelli di F (F, F1A, F/G).

La componente decorata, importante ma non abbondante, è caratterizzata da decorazioni incise, con l'aiuto di un pettine, ed impresse di tradizione campaniforme. Le decorazioni In un solo frammento, ritrovato nello sotto orizzonte G1A, la decorazione è costituita da incisioni riempite con del pigmento di colore bianco. Le decorazioni di tipo plastico comprendono cordoni e bugne.

Nello studio dei reperti ceramici di Via Neruda è stato preso in considerazione il materiale disponibile nel suo insieme senza considerare, almeno nel momento iniziale, l'importanza di alcuni reperti dal punto di vista morfologico e della decorazione, ma prendendo in considerazione caratteristiche macroscopiche degli inclusi e strutturali facilmente distinguibili. Soltanto successivamente, una volta determinati i gruppi ed i sottogruppi di impasto e le loro caratteristiche, le forme individuate sono state associate al tipo di impasto per verificare se esiste una corrispondenza tra uso, forma e impasto.

6.2 Studio del materiale e campionamento

I frammenti ceramici, studiati presso il Laboratorio di Archeometria dell'Istituto Italiano di Preistoria", sono stati suddivisi in base alle caratteristiche macroscopiche e morfologiche del reperto, riconoscibili ad una lente ottica 10x oppure con il semplice ausilio di un microscopio ottico, modello Nikon SMZ-2T, a 10-63 ingrandimenti. Lo studio del materiale è cominciato dallo strato G. Per primo è stato osservato il sotto orizzonte G1A. Successivamente sono stati analizzati i reperti provenienti dai sotto orizzonti G1 e G. Infine lo strato F.

Compilando una apposita scheda di inserimento dati costruita nella piattaforma di Micrisoft Acces (Chelini et alii 2006), ma leggermente modificata (v. appendice 1), i frammenti ceramici sono stati descritti inserendo inizialmente i dati di scavo (coordinate spaziali e stratigrafiche, tipo di frammento); successivamente le caratteristiche del manufatto (spessore, colore in superficie ed in sezione, descrizione della superficie esterna, alterazione, porosità, densità degli inclusi, granulometria).

Infine la descrizione dello smagrange, non l'identificazione delle caratteristiche morfologiche degli inclusi, ha permesso di effettuare una prima discriminazione a livello "composizionale" dei frammenti osservati, dividendo il materiale ceramico in base al tipo di inclusi, alla loro forma geometrica, alla granulometria, alla dimensione media e alla loro concentrazione.

Sulla base di questo criterio è stato scelto un frammento di riferimento che è stato descritto in maniera accurata in modo tale da poterlo confrontare con tutti gli altri frammenti del complesso. Questo ha permesso la formazione di gruppi di impasto sulla base di caratteristiche "composizionali" comuni ai frammenti, e di sottogruppi, con inclusi simili al gruppo principale ma che si differenziavano da esso sulla base di alcune caratteristiche quali, ad esempio, lo spessore o il trattamento delle superfici, ecc.

Nel caso in cui venisse individuato, nel proseguo dello studio, un frammento con caratteristiche diverse dai gruppi/sottogruppi di impasto precedentemente individuati, si è proceduto alla formazione di un nuovo gruppo/sottogruppo composizionale avente caratteristiche proprie. Tutti i frammenti successivamente osservati sono stati associati ad un gruppo, o un sottogruppo composizionale, attraverso un'analisi comparativa delle loro

caratteristiche con il campione di riferimento. La metodologia sopra citata, e brevemente illustrata, permette di unire la fase di studio del materiale ceramico a quella di campionamento, poiché sarà il frammento di riferimento, rappresentativo dell'intero gruppo o sottogruppo, che sarà sottoposto ad indagini petrografiche ed analitiche più puntuali.

I dati relativi ad ogni frammento, gruppo di frammenti con le medesime caratteristiche e "preziosi" sono stati catalogati, come detto in precedenza, all'interno di una scheda di riferimento in formato Microsoft Access 2003. In totale sono state compilate 935 schede per un totale di oltre 6563 frammenti. Successivamente tutti i dati sono stati trattati per effettuare eventuali considerazioni statistiche sui gruppi individuati.

I vantaggi di un approccio di questo genere sono molteplici. L'osservazione dei frammenti a bassi ingrandimenti e la realizzazione di una banca dati permette di constatare l'incidenza di un gruppo di impasto all'interno dell'insieme considerato, oltre che a descrivere l'incidenza di ogni impasto sui vari strati. Inoltre permette di avere "un'idea" della materia prima utilizzata nella realizzazione dei diversi impasti.

Infine la fase di campionamento non è condizionata "dall'importanza del reperto" poiché per uno stesso gruppo di impasto possono essere presi in considerazione frammenti non diagnostici dal punto di vista morfologico.

In fase di campionamento per ogni gruppo/sottogruppo composizionale sono stati selezionati i campioni di riferimento per la realizzazione di sezioni sottili da osservare al microscopio petrografico con il fine di descrivere le caratteristiche principali della matrice e dello smagrange. Inoltre i campioni medesimi sono stati studiati mediante tecniche analitiche più puntuali che verranno a breve elencate.

6.3 Studio petrografico dei campioni

L'analisi petrografica delle sezioni sottili è un metodo abbastanza veloce e relativamente economico che ha permesso di verificare se i gruppi/sottogruppi di impasto precedentemente individuati differivano veramente tra loro. In caso contrario si è proceduto alla unione dei diversi gruppi di impasto in un solo gruppo "composizionale" avente le medesime caratteristiche mineralogiche e tessiturali.

La caratterizzazione petrografica delle sezioni sottili permette di estrapolare una serie di informazioni composizionali, strutturali, tecnologiche e di provenienza della materia prima, non riscontrabile nemmeno previo indagini analitiche più complesse, grazie ad un confronto diretto con la geolitologia della zona. Inoltre lo studio permette l'identificazione di specie mineralogiche presenti in piccola quantità e non identificabili mediante l'utilizzo di tecniche analitiche più specifiche.

La procedura di preparazione delle sezioni sottili consiste in un progressivo assottigliamento, mediante appositi trattamenti e apparecchiature, di un frammento ceramico incollato ad un vetrino, da cui viene ricavata una sezione dallo spessore di circa 30 micron.

Minerali aventi questo spessore sono trasparenti e possono essere attraversati dalla luce. Questo permette lo studio, con l'utilizzo di un microscopio petrografico (o polarizzatore), delle proprietà ottiche e morfologiche del minerale che può essere studiato al solo polarizzatore oppure a polarizzatori incrociati. Inoltre sono possibili una serie osservazioni sulla presenza di fasi mineralogiche di alterazione o secondarie.

Lo studio mineralogico-petrografico dei manufatti ceramici è stato condotto presso il laboratorio di analisi della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Regione Toscana e il Laboratorio di Archeometria del Museo Fiorentino di Preistoria (dove sono state preparate le sezioni sottili) sotto la supervisione del Dott. Pasquino Pallecchi, preparando una sezione sottile per ognuno dei 28 campioni rappresentativi di ogni gruppo e sottogruppo di impasto.

Lo studio delle sezioni sottili è stato ottenuto utilizzando un microscopio ottico polarizzatore Leitz Ortolux POL-II corredato da Figuracamera per documentare le caratteristiche dell'impasto. Lo studio al microscopio polarizzatore ha permesso di

effettuare una serie di osservazioni qualitative sulla composizione mineralogica e sulla tessitura del frammento. Le sezioni sottili sono state descritte in base alle fasi mineralogiche identificate, la grandezza minima e massima dei grani, la loro distribuzione (bimodale o unimodale), la presenza di frammentini di roccia ed eventualmente la presenza di minerali di alterazione o secondari. Il grado di arrotondamento è stato determinato utilizzando dei vetrini di riferimento (Shepard 1963), mentre il rapporto legante/smagrante è stato determinato assegnando un valore maggiore o minore di uno a seconda della predominanza di uno o l'altro. Un valore uguale a uno è stato assegnato quando la concentrazione era più o meno la stessa.

La matrice è stata descritta in base al suo colore al solo polarizzatore ed a polarizzatori incrociati, ed in base al suo comportamento ottico, alla presenza di ossidi e di materia organica. La forma dei pori è stata descritta mediante semplice osservazione della sezione sottile, ma non quantificata.

6.4 Diffrazione ai raggi X

Informazioni più puntuali sulla composizione mineralogica dello smagrante e sulla presenza di minerali argillosi superstiti nei reperti ceramici, successivamente alla cottura, sono state ottenute in diffrattometria X con il metodo delle polveri. Lo studio dei campioni di riferimento ha permesso la determinazione di una serie di informazioni qualitative e semiquantitative della fasi mineralogiche presenti. Inoltre la presenza o assenza di determinate fasi mineralogiche ha fornito informazioni sulla temperatura di cottura dei manufatti ceramici.

Il fenomeno della diffrazione dei raggi X ad opera dei cristalli deriva da un processo in cui i raggi X sono diffusi dagli elettroni degli atomi, senza variazione di lunghezza d'onda (diffusione coerente o di Bragg). Questa diffusione produce un raggio diffratto solo quando vengono soddisfatte certe condizioni geometriche che possono essere espresse dalla legge di Bragg ($n\lambda = 2d\sin\theta$) (Klein 2002). Il risultante spettro di diffrazione di un cristallo, comprendente sia le posizioni che le intensità degli effetti della diffrazione, che è una proprietà fisica fondamentale della sostanza, utile non solo per una rapida

identificazione della specie mineralogica ma anche per una completa interpretazione della sua struttura. La tecnica di diffrazione delle polveri comprende essenzialmente un fascio ristretto di raggi X monocromatici, incidenti su una polvere cristallina composta di fini particelle orientate casualmente. A queste particolari condizioni, verranno generati raggi diffratti dalle serie di piani con distanze interplanari d_{hkl} delle n fasi del sistema investigato secondo le condizioni geometriche dettate dalla legge di Bragg ed imposte dalle condizioni strumentali (lunghezza d'onda usata).

Il riconoscimento delle fasi mineralogiche presenti nel campione si opera confrontando il diffrattogramma, nel caso in cui l'apparato strumentale sia di ultima generazione, con un database di riferimento costituito dall'insieme dei PDF (Power Diffraction File) relativi alle varie fasi mineralogiche. Nel caso contrario il diffrattogramma viene stampato su supporto cartaceo ed il riconoscimento viene effettuato utilizzando dei manuali di riferimento dove sono riportati i picchi principali e le relative intensità. In linea generale per confermare la presenza di una specie mineralogica devono essere identificati almeno i tre picchi più intensi.

Le analisi sono state effettuate con un diffrattometro Philips PW 1840 con anodo in $CoK\alpha$, eseguendo una scansione continua da una posizione $2,00$ a $80,00$ 2θ con step pari a $0,02$ 2θ al secondo, e lavorando a 20 mA e 40 kV.

Le fasi mineralogiche sono state identificate mediante l'utilizzo di appositi prontuari.

La possibilità di combinare lo studio petrografico e i dati ottenuti in diffrattometria X ha reso inoltre possibile il confronto diretto tra le produzioni fittili del siti di Via Neruda con gli altri siti coevi della regione Toscana, precedentemente studiati, che presentavano caratteristiche simili (Martini et al 1996).

6.5 Determinazione qualitativa e quantitativa delle componenti mineralogiche mediante spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier (FT-IR)

Le indagini precedentemente effettuate sono state integrate dai dati raccolti presso Centro di Spettroscopia Infrarossa del Dipartimento di Preistoria del Museo di Storia Naturale di Parigi (CSIRMNHN) sotto la supervisione del Dott. Patrk Schmidt e del Prof. François Florich. Tecnica complementare alla diffrattometria X la spettroscopia infrarossa ha permesso di effettuare analisi qualitative e quantitative di tutti i gruppi composizionali, oltre che a verificare la presenza di materia organica non combusta. Gli esperimenti sono stati condotti in trasmissione (mediante la realizzazione di perle), ed in riflessione attenuata (ATR) mediante l'utilizzo di uno spettrometro FTIR Bruker Vector 22. Per esperimenti in riflessione attenuata è stato necessario installare un'apposita periferica all'interno dello spettrometro denominata ATR "diamond device".

A differenza della prima che necessita di una procedura di preparazione del campione piuttosto elaborata, gli esperimenti in riflessione (ATR) sono risultati piuttosto utili, vista la mancanza di tempo e la velocità della misura, per ottenere informazioni di tipo qualitativo su alcuni campioni analizzati.

La spettroscopia infrarossa si basa sull'interazione tra la materia ed un onda elettromagnetica di dominio infrarosso (tra 0,7 μm e 50 μm), avente le stesse proprietà della luce visibile (propagazione, riflessione, polarizzazione etc). Più precisamente il dominio di lunghezze d'onda della radiazione infrarossa utilizzata appartiene "all'infrarosso medio".

La materia è costituita da un insieme di atomi solitamente di natura diversa, collegati tra loro mediante legami di vario genere. Essi sono caratterizzati da un moto vibrazionale permanente che deforma i legami esistenti. A loro volta i moti vibrazionali possono essere suddivisi in diverse modalità vibrazionali, di elongazione e di deformazione (Farmer 1974) aventi una frequenza propria (numero di vibrazione per secondo).

Quando la frequenza dei moti vibrazionali corrisponde alla frequenza dell'onda elettromagnetica incidente si assiste all'assorbimento di un Figurane. Di conseguenza la

molecola passa da uno stato vibrazionale stabile ad uno eccitato. Tuttavia l'interazione tra radiazione elettromagnetica e la materia è possibile quando essa determina una variazione del momento dipolare della molecola. Questo comporta che i corpi monoelementari (come ossigeno, idrogeno e azoto) e gli alogenuri (come NaCl e KBr) non sono sensibili alla radiazione infrarossa.

Al variare della radiazione incidente avremo quindi un assorbimento di energia elettromagnetica, e pertanto una diminuzione dell'energia trasmessa, per ciascun modo vibrazionale, e lo spettro risultante sarà costituito da una serie di lacune (bande di assorbimento) alla stessa frequenza di ciascun modo di vibrazione riscontrato.

La frequenza di ciascuna banda di assorbimento di una data sostanza dipende da diversi parametri molecolari quali la massa degli atomi implicati nella vibrazione, la lunghezza dei legami e l'angolo tra i vari legami. Questo implica che a seconda del gruppo funzionale, o della molecola coinvolta avremo una serie di bande di assorbimento "caratteristiche" in un dominio di frequenze "preciso" e di conseguenza sarà possibile ottenere informazioni di tipo qualitativo.

Per esperimenti in trasmissione sia nel caso di analisi qualitative, ma soprattutto per analisi quantitative, il campione necessita di una preparazione "standardizzata" (Fröhlich & Gendro-Badou, 2002; Fröhlich 1981), mediante la diluizione di una piccola quantità di campione all'interno di una "perla" costituita da bromuro di potassio (KBr), insensibile alla radiazione infrarossa. Il campione prima di essere diluito deve essere finemente macinato ad una granulometria inferiore a 2 μm in modo tale da rendere il diametro delle particelle analizzate inferiore alla più piccola lunghezza d'onda utilizzata (2,5 μm), per ovviare a problemi di diffusione che potrebbero decretare una diminuzione dell'assorbanza da parte delle particelle.

La polvere ottenuta è in seguito diluita con il KBr; per ogni grammo di preparato il 99,75% è costituito da KBr, mentre il restante 0,25% dal campione. Le pesature sono tutte effettuate in una bilancia avente un precisione di 10^{-5} grammi. Successivamente il preparato viene omogeneizzato per cinque minuti in un mortaio di agata e soltanto 300 mg del preparato omogeneizzato saranno utilizzati per la realizzazione della perla, sottoponendo il campione ad una pressione di 10^7 g/cm² in un'apposita pressa. Si ottiene in questo modo una perla di KBr+campione avente due facce perfettamente lisce e parallele, con una massa standard pari a 0,75 mg, con un diametro 13 mm e 0,83 mm di

spessore, tali da soddisfare la legge di Lambert-Beer che sarà tra breve illustrata. Il carattere igroscopico del KBr rende necessaria la conservazione delle perle in un forno alla temperatura di 105 C° per almeno un giorno. Questo per favorire la fuoriuscita dell'acqua adsorbita durante la preparazione. Successivamente la perla viene posizionata in un'apposita porta campioni all'interno dello spettrometro (Figura 15) per effettuare la misura.



Figura 15: Spettrometro Bruker Vector 22 con apposito porta campioni per effettuare misure in trasmissione

L'analisi quantitativa dello smagrante è resa possibile grazie al confronto diretto delle fasi mineralogiche individuate con un database di riferimento appartenente al laboratorio del Centro di Spettroscopia Infrarossa (CSIRMNHN). I campioni di riferimento sono stati preparati utilizzando la procedura analitica sopra descritta, utilizzando "campioni puri al 100%" aventi la medesima concentrazione. Il calcolo della concentrazione dei vari componenti mineralogici dell'impasto è reso possibile grazie alla preparazione di campioni di riferimento "standard", come appena descritto, e successivamente sfruttando la legge di Lambert-Beer (1), che stabilisce una correlazione tra la concentrazione di un componente e la quantità di energia da esso assorbita nel caso in cui esso venga attraversato da una radiazione elettromagnetica. Inizialmente pensata soltanto per i fluidi, nel 1970 Avram e Maatescu dimostrarono che la stessa relazione era da considerarsi valida anche per campioni allo stato solido opportunamente preparati, aventi però le due facce perfettamente lisce e parallele ed uno spessore definito.

Perciò l'energia assorbita da una determinata fase mineralogica, detta assorbanza, è descritta attraverso la formula (1):

$$(1) A = \log (P/P_0) = - \alpha.l.c = \log (1/T)$$

A = assorbanza ; P₀ = potenza radiante iniziale ; P = potenza trasmessa dopo aver attraversato il campione; l = lunghezza del tragitto ottico; c = concentrazione del costituente; α = costante propria di ciascuna banda di assorbimento.

Il rapporto P/P₀ è l'energia trasmessa T (espressa in %). Parte dell'energia trasmessa però viene trattenuta durante l'attraversamento della perla, ed anche nel caso di pastiglie pure di KBr questa viene abbassata al 90% circa. Questo richiede una correzione della linea di base nel calcolo dell'assorbanza tracciando una linea tangente ai punti di inflessione della banda considerata (figura 16). La trasmissione è considerata costante o almeno che vari in maniera lineare tra i bordi della banda dell'assorbimento.

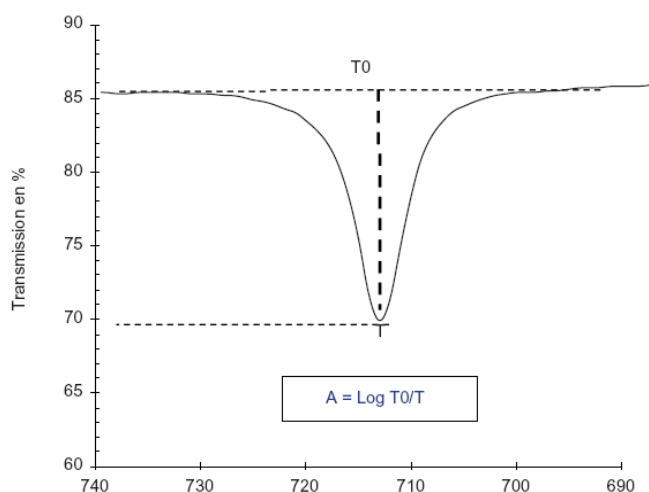


Figura 16: Correzione della linea di base nel calcolo dell'assorbanza (Fröhlich e Gendro-Badou, 2002)

L'assorbanza viene così calcolata graficamente, alla frequenza di massimo assorbimento della banda considerata, tramite la misura della trasmissione iniziale T₀ sulla linea di base appena tracciata, e della trasmissione massima T tramite l'espressione :

$$A = \log (T_0) - \log (T) = \log (T_0 / T).$$

La procedura appena descritta riguarda esperimenti eseguiti in trasmissione che permettono sia analisi qualitative che quantitative.

Esperimenti di questo tipo sono stati condotti utilizzando uno spettrometro FTIR modello

Bruker Vector 22, eseguendo una scansione continua tra 4000 cm^{-1} e 400 cm^{-1} con una risoluzione di 2 cm^{-1} ed effettuando la misura su una media di 100 scansioni.

Per le operazioni grafiche relative al calcolo dell'assorbanza si è utilizzando il programma OPUS versione 6.0.

Gli esperimenti in riflessione necessitano il cambiamento di alcune componenti strumentali e hanno fornito informazioni di tipo qualitativo. All'interno dello strumento viene inserita una nuova componente definita "ATR diamond-device" (Figura 17).



Figura 17: Spettrometro Bruker Vector 22 con la periferica "ATR Diamond-Device" per effettuare misure in riflessione attenuata

Questa tecnica analitica necessita di una piccolissima quantità di campione (all'incirca 50 mg) e sfrutta la capacità di alcuni minerali (in questo caso un diamante), dato un angolo di incidenza fisso, di riflettere completamente i raggi incidenti. Il campione ridotto in polvere, mediante macinazione in mortaio di agata per almeno cinque minuti, viene posizionato a contatto con la superficie diamantata e sottoposto ad una pressione costante di 1-2 Kb. Quando il diamante viene colpito dalla radiazione infrarossa, questa penetra anche all'interno del campione che restituisce un raggio attenuato dai differenti modi di vibrazione con la quale ha interagito, fornendo un'impronta digitale dei diversi componenti. La differenza sostanziale rispetto alle misure effettuate in trasmissione con il metodo delle perle di KBr sta nel fatto che il metodo è nettamente più rapido e permette di

ottenere informazioni di tipo qualitativo in maniera rapida. In questo caso però non sono possibili analisi di tipo quantitativo poiché il campione non ha le stesse caratteristiche degli standard di riferimento.

6.6 La cottura dei materiali ceramici : protocollo sperimentale

Al fine di ottenere informazioni sulla temperatura di cottura e sul comportamento termico delle componenti mineralogiche dell'impasto, si è deciso di effettuare esperimenti di cottura su quei campioni che presentavano, successivamente allo studio IR e XRPD, tracce di materiale argilloso non collassato in seguito alla cottura del manufatto. Sono stati scelti quindi i frammenti di riferimento dei gruppi composizionali B,C e D sono stati condotti degli esperimenti di cottura presso il Centro di Spettroscopia Infrarossa del Dipartimento di Preistoria del Museo di Storia Naturale di Parigi.

L'esperimento ha due diversi obiettivi. Il primo è quello di trarre informazioni sulla temperatura di cottura. Il secondo, e più importante, è quello di verificare come, impasti aventi una composizione mineralogica diversa, si comportano quando sottoposti ad elevate temperature di cottura. Informazioni di questo genere sono considerate di estremo valore per comprendere se la selezione della materia prima era condizionata da scelte di tipo tecnologico. L'esperienza ha visto l'utilizzo di una muffola modello F47900. Dopo aver prelevato una piccola quantità di campione da ciascun frammento si è proceduto alla sua frantumazione con l'utilizzo di un mortaio d'agata. I campioni non cotti sono stati preventivamente sottoposti ad indagini XRPD con l'utilizzo di un diffrattometro Bruker D2 Phaser con anodo in Cu, eseguendo una scansione continua da una posizione 3,00 a 65,00 2θ con step pari a 0,02 (0,2) 2θ al secondo, e lavorando a 10 mA e 30 kV. Tutti gli spettri ottenuti sono poi stati elaborati mediante l'utilizzo del programma X'Pert High Score, versione 1.0f del 2004 ed utilizzando come riferimento un database ICDD PDF-2 del 2003. Inoltre i medesimi campioni sono stati analizzati mediante IR, non in trasmissione con il metodo delle perla, ma in riflessione attenuata (ATR) utilizzando uno spettrometro modello Bruker Vector 22, eseguendo una scansione continua tra 4000 cm^{-1} e 400 cm^{-1} con una risoluzione di 2 cm^{-1} ed effettuando la misura su una media di 200 scansioni.

Successivamente i campioni sono stati cotti per un periodo di 2 ore ad una temperatura di 700 e 900 C°. Per quanto riguarda i campioni cotti a 700 C° sono state effettuate analisi ATR, mentre sui campioni cotti alla temperature di 900 C° sono state effettuate analisi ATR e XRPD. Le condizioni strumentali sono rimaste le stesse sopra descritte.

6.7 Campionamento della materia prima

Pensando ci potessero essere delle similitudini tra la materia prima utilizzata per alcuni gruppi composizionali ed alcuni affioramenti di materiale di origine gabbrica presso il Monte Ferrato (Prato) si è deciso di effettuare un sopralluogo nella zona suddetta per effettuare dei campionamenti. Dopo aver constatato che il materiale gabbrico si presentava a stati di alterazione differenziata, si è proceduto alla raccolta di tre campioni di materia prima. Inizialmente, in una zona di colluvio, si è prelevato il primo campione costituito essenzialmente da detriti superficiali. Il secondo campione è stato prelevato in una zona leggermente più a valle dove la roccia si presentava completamente degradata, , costituita da una matrice di color marrone dall'aspetto terroso e da uno abbondante scheletro subangolare e grossolano. A poca distanza dal luogo del secondo campionamento si è riscontrata la presenza di un piccolo affioramento gabbrico dove la roccia si presentava scarsamente alterata. Si è proceduto quindi al terzo campionamento.

Per ognuno dei tre campioni sono state preparate delle sezioni sottili, in modo tale da poterle studiare al microscopio petrografico presso il laboratorio di Analisi del Museo di Preistoria di Firenze.

Inoltre i medesimi campioni sono stati inviati al Centro di Spettroscopia Infrarossa del Dipartimento di Preistoria del Museo di Storia Naturale di Parigi dove sono stati sottoposti a ciclo di cottura, in una muffola modello F47900, seguendo la medesima procedura sopra citata per i campioni ceramici. Sono stati eseguiti inoltre analisi IR-ATR dei campioni tal quali, cotti a 700 e 900 C°. Le condizioni strumentali sono le stesse degli esperimenti precedenti.

7. Risultati analitici

In questo capitolo verranno riportati i risultati relativi alla formazione dei gruppi, al campionamento e ai risultati dello studio petrografico ed analitico dei campioni. Per quanto riguarda la metodologia applicata nello studio del materiale e la fase di campionamento si rimanda al paragrafo 5.2 e alla scheda descrittiva presente in appendice.

7.1 Risultati delle osservazioni al microscopio ottico

La catalogazione nella piattaforma di Microsoft Acces di tutti i reperti del sito archeologico di Via Neruda ha permesso di caratterizzare il repertorio fittile in maniera accurata e di estrapolare tutta una serie di informazioni sulla distribuzione dei materiali, di tipo tecnologico e tipologico dei frammenti osservati.

Lo studio di frammenti ceramici è stato condotto su un campione di 6563 frammenti, costituiti principalmente da frammenti di pareti, orli, base, cordoni, anse, prese, bugne. La sigla "altro" identifica reperti costituiti o da più un frammento, o da gruppi di frammenti incollati, come ad esempio un unico frammento costituito da parete e orlo, parete e presa, oppure base e parete etc, dove è stato possibile, in diversi casi, ricostruire la forma del vaso. Per una descrizione tipologica del materiale si rimanda al paragrafo 4.6. Nella maggior parte dei casi essi sono contrassegnati da un numero di inventario, poiché considerati particolarmente diagnostici per la ricostruzione della forma originale o sotto il profilo della decorazione. Il numero di inventario però non è da considerarsi ad uso esclusivo delle forme. Esso è stato utilizzato anche per quei frammenti considerati particolarmente diagnostici, indifferentemente dalla tipologia del frammento e dalla presenza di decorazione. Perciò nel proseguo di questa descrizione del complesso ogni volta che verrà presentata una statistica dei frammenti "inventariati" verranno nella loro totalità. Le pareti costituiscono il gruppo più cospicuo, seguite frammenti di orli, basi/fondi etc. In tabella viene riportato il numero di frammenti osservati per ogni elemento (Tabella 4)

TIPOLOGIA	N°FRAMMENTI	% SUL TOTALE
Parete	4444	67,71293616
Orlo	694	10,57443242
Base/Fondo	470	7,161359135
Cordoni	423	6,445223221
Altro	308	4,692975773
Ansa	192	2,925491391
Presca	24	0,365686424
Bugne	8	0,121895475

Tabella 4: numero di frammenti e percentuale sul totale degli elementi osservati allo stereomicroscopio

Dall'osservazione della tabella successiva (Tabella 5), e in accordo con i dati archeologici, si può notare come la maggior parte dei reperti provengono principalmente dal livello archeologico F e dai suoi sottolivelli (F, F/G, F1A), il quale annovera al loro interno più di 3000 frammenti. Gli strati G e G1 hanno pressappoco lo stesso numero di frammenti, mentre gli strati C, D, G1A risultano essere i livelli meno rappresentati.

STRATO	N°FRAMMENTI	% DI FRAMMENTI SUL TOTALE
C	9	0,18
D	11	0,17
F	3052	46,50
F/G	480	7,31
F1A	113	1,72
G	1257	19,15
G1	1524	23,22
G1A	117	1,78

Tabella 5: Numero di frammenti e relativa percentuale per ogni strato

La maggior parte dei frammenti si distingue per uno spessore "semifine" (Tabella 3). Infatti la maggior parte dei frammenti, o gruppo di frammenti indipendentemente dalla tipologia, avente numero di inventario appartengono a questa classe di spessore (144). Meno rappresentati sono invece quelli con spessore "spesso" (64), quelle con spessore "fine" (17), mentre quelle con spessore "molto spesso" soltanto (6).

CLASSE DI SPESSORE	CLASSE DI SPESSORE	N° DI FRAMMENTI	% SUL TOTALE
FINE	Sp<5mm	261	3,97
SEMIFINE	5mm<sp<10mm	4390	66,90
SPESSO	10mm<sp<15mm	1839	28,02

MOLTO SPESSO	Sp>15mm	51	0,78
--------------	---------	----	------

Tabella 6: Numero di frammenti e relativa percentuale delle classi di spessore riscontrate

Dal punto di vista tipologico sono stati inventariate prese, pareti, orli etc (Tabella 7).

REPERTI INVENTARIATI	TIPOLOGIA	N°FRAMMENTI
11	Preso	11
46	Parete	59
32	Orlo	33
10	Cordoni	11
7	base/fondo	15
15	Ansa	17
109	Altro	295

Tabella 7: Frammenti e reperti inventariati per ogni elemento ceramico

Ad un gran numero di reperti con numero di inventario non corrispondono però altrettanti reperti decorati (35 sul totale). I reperti decorati non rappresentano nemmeno l'uno per cento sul totale dei frammenti osservati. Essi sono costituiti principalmente da frammenti di parete e da forme (Tabella 8).

REPERTI INVENTARIATI	TIPOLOGIA	N°FRAMMENTI
8	altro	16
1	base/fondo	3
3	orlo	3
23	parete	24

Tabella 8: Frammenti e reperti inventariati aventi decorazione

Per quanto concerne la loro suddivisione (Tabella 9) all'interno dei vari livelli archeologici si può constatare come la maggior parte di essi siano stati rinvenuti all'interno del livello F e dei suoi sottolivelli. Il restante tra il livello G ed i suoi sottolivelli.

STRATO	CLASSE DI SPESSORE	REPERTI INVENTARIATI
F	MOLTO-SPESSO	3
F	FINE	6
F	SPESSO	20
F	SEMIFINE	62
F/G	FINE	5

F/G	SPESSO	9
F/G	SEMIFINE	20
F1A	FINE	1
F1A	SPESSO	2
F1A	SEMIFINE	8
G	MOLTO-SPESSO	2
G	FINE	4
G	SPESSO	4
G	SEMIFINE	27
G1	SPESSO	22
G1	SEMIFINE	24
G1A	FINE	1
G1A	SEMIFINE	3
G1A	SPESSO	7

Tabella 9 : Suddivisione forme ricostruibili all'interno dei vari strati

Il rapporto è nettamente più sbilanciato per quanto riguarda i frammenti decorati. La quasi totalità compare nello strato F e nei suoi sottolivelli (Tabella 10) ed hanno uno spessore semifine, seguiti da quelli fini e da quelli spessi.

STRATO	CLASSE DI SPESSORE	N°FRAMMENTI	%SUL TOTALE FR DECORATI
F	SEMIFINE	15	32,60
F	FINE	12	26,09
F	SPESSO	6	13,04
G	SEMIFINE	4	8,70
F/G	FINE	4	8,70
F1A	SEMIFINE	2	4,35
G1A	SPESSO	1	2,17
F/G	SEMIFINE	1	2,17
F1A	FINE	1	2,17

Tabella 10: Numero di frammenti decorati in base allo spessore a allo strato di appartenenza

Le superfici dei vari frammenti sono state suddivise in "liscie", "semiruide" e "ruvide". La scelta di effettuare questa suddivisione è stata dettata dal fatto che il repertorio studiato presenta delle differenze sostanziali tra i diversi gruppi di impasto, dettate dalla scelta di una specifica materia prima, oltre che ad un diverso grado di preparazione della stessa, da parte ceramista per la produzione di impasti più depurati e rifiniti, o più grossolani, oppure in base all'uso dell'oggetto stesso. I frammenti più grossolani sono generalmente caratterizzati da superfici ruvide, mentre quelli più rifiniti da superfici lisce o semiruide anche se in certi casi lo stato di alterazione del frammento è determinante. Dai dati raccolti

il complesso si caratterizza per una forte componente grossolana con all'incirca il 45% dei frammenti; frammenti con superfici lisce e semiruide hanno più o meno la stessa quantità di frammenti (Tabella 11).

SUP. ESTERNA	N°FRAMMENTI	% SUL TOTALE
RUVIDA	2904	44,24
LISCIA	1848	28,16
SEMIRUVIDA	1811	27,60

Tabella 11: Numero di frammenti in base alla caratteristica della superficie esterna

L'ultima caratteristica descrittiva dell'intero complesso riguarda invece il colore, o la loro successione, rilevato nella sezione di ogni frammento o di gruppo di frammenti. L'obbiettivo è di cercare di descrivere in maniera oggettiva le varie gradazioni cromatiche identificate senza tuttavia basarsi su nessuna scala di riferimento. I colori essendo associati alle condizioni di cottura (ossidante, riducente, o una variazione delle prime due) hanno implicazioni dirette sulla tecnologia di produzione, siano essi creati in maniera arbitraria o meno. Dai dati raccolti (Figura 18) i frammenti aventi colori scuri come bruno, nero, grigio, marrone scuro (tipici di ambienti di cottura ridotti) sono all'incirca gli stessi di quelli cotti in ambiente ossidante. Il termine "a bande", con all'incirca lo stesso numero di frammenti, indica invece le tipiche strutture a "sandwich", generate in seguito alla variazione delle condizioni di cottura all'interno del forno.

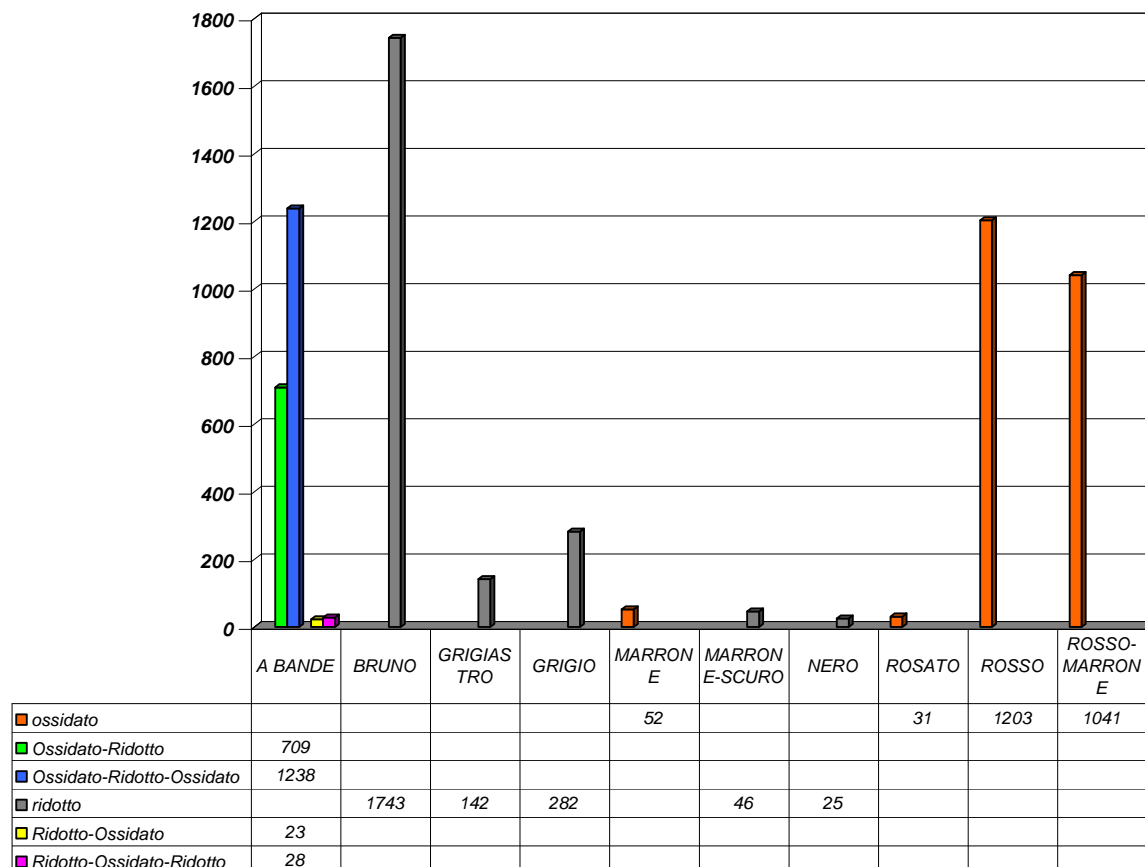


Figura 18: Rappresentazione grafica dei colori rilevati in sezione nei frammenti e la relativa condizione di cottura associata

7.1.1 I gruppi di impasto

Lo studio allo stereomicroscopio dei frammenti ceramici provenienti dallo scavo di ha prodotto la formazione di 21 gruppi di impasto distinti suddivisi in base caratteristiche illustrate nella scheda di riferimento (Vedi Appendice 1). Si ricorda che i gruppi di impasto sono stati formati principalmente in base alle caratteristiche macroscopiche degli inclusi quali la loro densità, la forma, l'abito, il colore, il loro aspetto e la granulometria. Inoltre è stato un criterio di suddivisione anche l'eventuale trattamento delle superfici. Il grafico (Figura 19) e la tabella seguente (Tabella 12) rappresentano in dettaglio il numero di frammenti individuati per ogni gruppo di impasto. Come si può ben notare il gruppo di impasto con il maggior numero di frammenti è il gruppo di impasto C, con i relativi sottogruppi C1 e C2. A seguire il gruppo di impasto D con il sottogruppo D1, il gruppo di

impasto A ed i sottogruppi A1 e A2. Gli altri gruppi e sottogruppi individuati sono scarsamente rappresentati all'interno del complesso, poiché tutti sono costituiti da meno di duecento frammenti. In alcuni casi sono stati osservati dei gruppi di impasto costituiti da meno di 15 frammenti; questi sono gruppi di impasto F, F1, F2, H e I. La descrizione accurata di ogni gruppo di impasto e dei relativi frammenti di riferimento verrà effettuata nel prossimo paragrafo. In questa parte ci si limiterà a fornire soltanto alcune informazioni di carattere generale relative alla presenza di ogni gruppo di impasto in ogni livello archeologico, nel numero di reperti inventariati per impasto, alla loro suddivisione in termini di spessore e alla presenza di frammenti decorati per ogni gruppo.

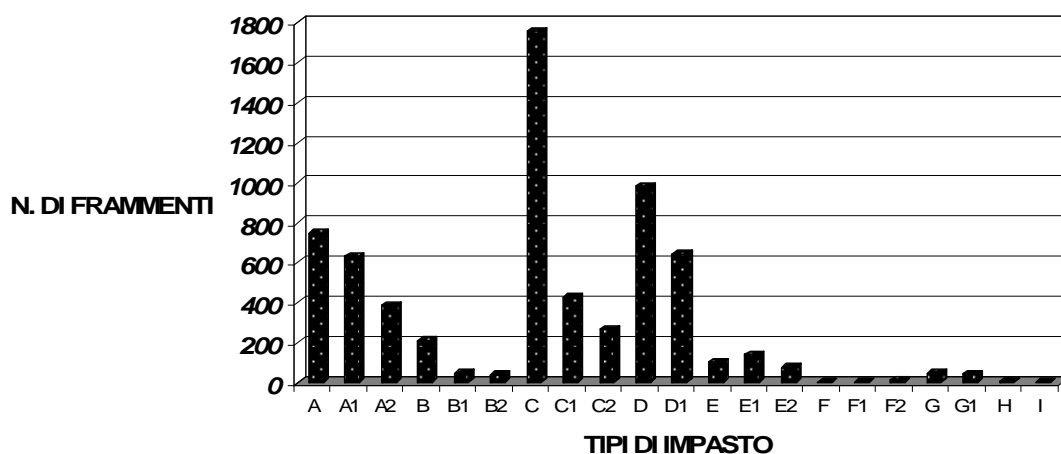


Figura 19 : Rappresentazione grafica del numero di frammenti per ogni gruppo di impasto

IDIMPASTO	Tot per impasto	% sul totale
A	747	11,38
A1	630	9,60
A2	386	5,88
B	212	3,23
B1	47	0,71
B2	38	0,54
C	1759	26,80
C1	428	6,52
C2	267	4,068
D	982	14,96
D1	642	9,78
E	101	1,53
E1	140	2,13
E2	78	1,09
F	1	0,015
F1	1	0,01
F2	11	0,16
G	46	0,70
G1	41	0,62

H	5	0,076
I	1	0,01

Tabella 12: Elenco dettagliato dei numeri frammenti e la percentuale relativa ad ogni gruppo per ogni gruppo di impasto

Dallo studio si è potuto constatare come la distribuzione dei gruppi di impasto all'interno dei vari livelli archeologici non sia omogenea. L'apparizione o la scomparsa di un determinato impasto può essere correlabile a scelte di tipo tecnologico effettuate dal ceramista per la realizzazione di un determinato prodotto ceramico, le quali hanno condizionato la scelta e la preparazione della materia prima, oppure dal "gusto". In linea generale la presenza di tutti i gruppi di impasto aumenta con il procedere verso i livelli archeologici superiori, sebbene alcuni gruppi siano costituiti da un numero di frammenti decisamente elevato. È il caso dei gruppi di impasto C, C1, C2, D, D1 (Figura 20) presenti costantemente in tutti i livelli archeologici con una quantità di frammenti considerevole e che da soli costituiscono più del 70% sulla totalità dei frammenti osservati. I gruppi di impasto A, A1, A2 insieme rappresentano un numero cospicuo di frammenti, con un picco di concentrazione specialmente nel livello archeologico F, dove il numero di frammenti quadruplica.

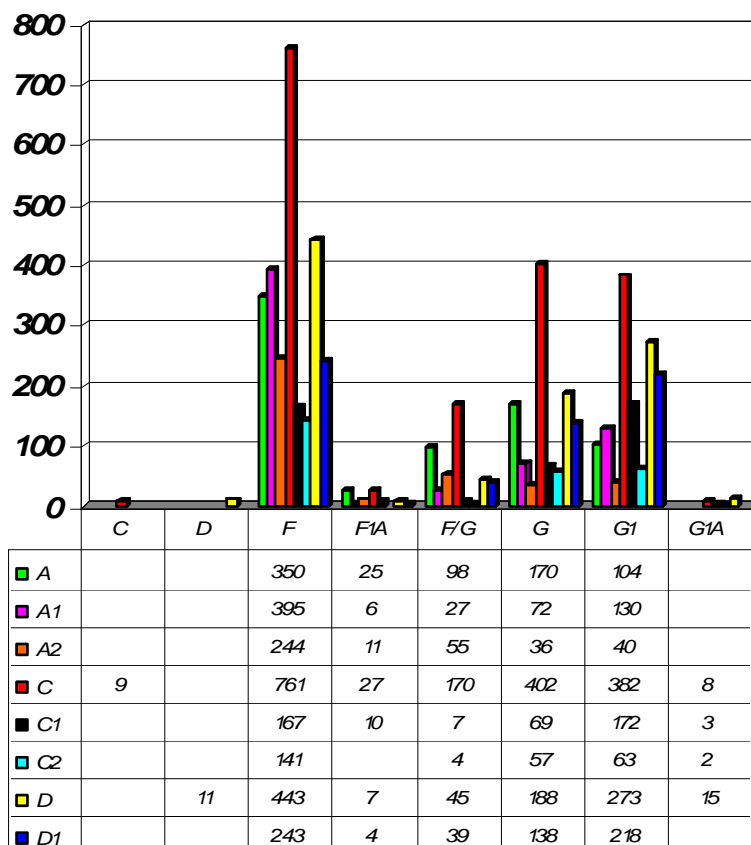


Figura 20: rappresentazione grafica del numero di frammenti riscontrati e di gruppi di impasto A, A1, A2, C, C1, C2, D e D1 all'interno dei vari livelli archeologici

Anche i gruppi di impasto minori come il gruppo B, B1, B2, E, E1, E2 aumentano nei livelli archeologici superiori, sebbene il numero di frammenti riscontrati sia nettamente inferiore rispetto ai gruppi di impasto principali (Figura 21). La loro presenza è in ogni caso molto scarsa, è soltanto il gruppo di impasto B è costituito da poco più di duecento frammenti.

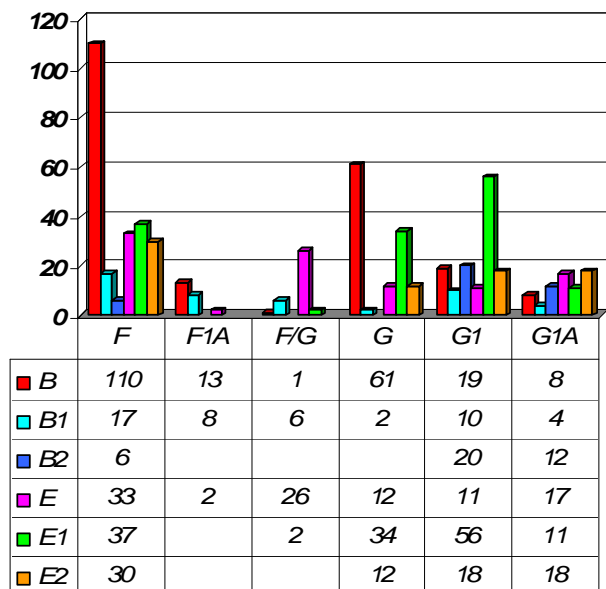


Figura 21: rappresentazione grafica del numero di frammenti riscontrati e di gruppi di impasto B, B1, B2, E, E1, E2 all'interno dei vari livelli archeologici

Tra i gruppi minori si annoverano anche i gruppi di impasto F, F1, F2, G, G1, H e I che, visto il loro numero abbastanza esiguo, sono stati rappresentati nel grafico seguente (Figura 22). Probabilmente il numero esiguo di frammenti di questi gruppi di impasto minori è correlato alle scarse caratteristiche tecniche della materia prima utilizzata, oppure sono da considerarsi elementi di intrusione provenienti da contesti diversi da quello studiato.

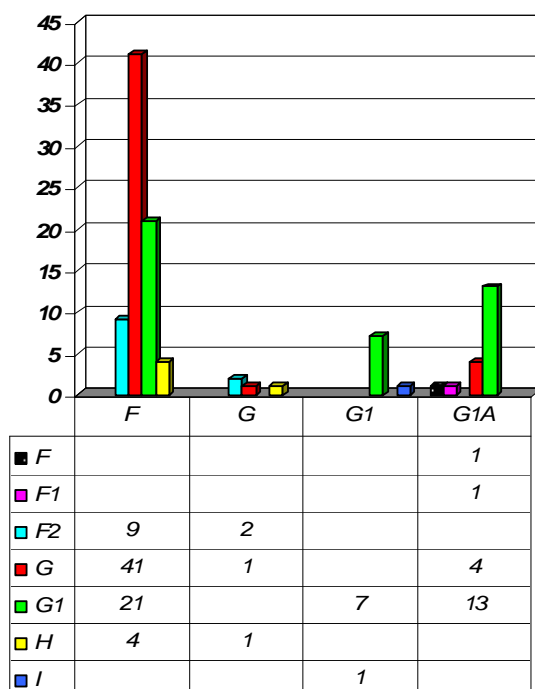


Figura 22: rappresentazione grafica del numero di frammenti riscontrati e di gruppi di impasto F, F1,F2, G, G1,H e I all'interno dei vari livelli archeologici

Ad ogni gruppo di impasto è associato uno spessore “caratteristico”, relativo alla maggior parte dei frammenti che lo costituiscono (Tabella 13). La granulometria e la densità degli inclusi hanno giocato un ruolo fondamentale sia nella formazione dei gruppi sia, molto probabilmente, nella scelta, nella lavorazione e nella preparazione della materia prima da parte del ceramista. I frammenti caratterizzati da uno spessore “ molto spesso” sono stati individuati soltanto nei gruppi di impasto C, C2 e D ed alcuni nel gruppo A. I suddetti gruppi infatti, ad esclusione del gruppo A, sono caratterizzati da una granulometria piuttosto grossolana. Al contrario i frammenti aventi uno spessore “fine” sono collegati ad impasti depurati o con una granulometria degli inclusi inferiore a 1-2 mm. Questo il caso dei gruppi di impasto A, A1, A2, B, B1, B2, G1 e C1. Quelli “semifini” , se considerati sul numero totale di frammenti terreni impasto, sono ben rappresentati in tutti impasti individuati si considerati; mentre quegli “spessi” sono stati riscontrati principalmente nei gruppi C e D e C2, ed in misura minore nei restanti gruppi di impasto.

IDIMPASTO	TOT IMPASTI FINI	TOT IMPASTI SEMIFINI	TOT IMPASTI SPESSI	TOT IMPASTI MOLTO SPESSI	TOT FRAMMENTI PER IMPASTO
A	78	543	118	7	747
A1	47	456	125	2	630
A2	13	321	42	0	386
B	18	153	41	0	212
B1	3	11	30	0	47
B2	10	21	5	0	38
C	3	934	792	27	1759
C1	38	381	7	0	428
C2	0	125	142	0	267
D	7	499	461	15	982
D1	3	597	41	0	642
E	6	95	0	0	101
E1	2	138	0	0	140
E2	4	72	2	0	78
F	0	0	1	0	1
F1	0	1	0	0	1
F2	0	8	3	0	11
G	8	26	12	0	46
G1	21	3	17	0	41
H	0	5	0	0	5
I	0	1	0	0	1
TOTALE	261	4390	1839	51	6563

Tabella 13: Numero dei frammenti fini, semifini, spessi e molto spessi per ogni gruppo di impasto

La seguente tabella (Tabella 14) cerca di mettere in evidenza come la maggior i reperti inventariati e decorati siano suddivisi all'interno dei vari gruppi di impasto. Il maggior numero (all'incirca il 60 %) di reperti inventariati e decorati appartiene specialmente al gruppo A ed a i suoi sottogruppi ed al gruppo D1. Il gruppi di impasto C, il più abbondante dell'intero complesso, ha fornito 41 reperti inventariati, a seguire tutti gli altri.

GRUPPO DI IMPASTO	DECORAZIONE	NUMERO DI REPERTI INVENTARIATI	N°FRAMMENTI INVETARIATI DECORATI
A	SI	14	24
A1	SI	4	5
A2	SI	5	5
B	SI	2	2
C	SI	1	1
D	SI	2	2
D1	SI	6	6
G1	SI	1	1
A	NO	48	0
A1	NO	16	0
A2	NO	20	0
B	NO	3	0
B1	NO	1	0
C	NO	41	0
C1	NO	16	0
C2	NO	3	0
D	NO	14	0
D1	NO	17	0
E	NO	5	0
E1	NO	2	0
E2	NO	5	0
F	NO	1	0
G	NO	2	0
G1	NO	1	0

Tabella 14: Numero di reperti e di frammenti decorati inventariati per ogni gruppo di impasto

Per concludere l'intero complesso si caratterizza per la presenza di una componente ad impasto piuttosto grossolano e da una componente ad impasto depurato/semidepurato.

Di seguito verranno descritti i diversi gruppi di impasto e le loro caratteristiche principali.

GRUPPO A



Figura 23: Frammento gruppo A



Figura 24: Campionamento gruppo A

Il gruppo A è rappresentato dal campione NRD-F-A32-14A/15B (Figura 23-24), un frammento di cordone. Il campione è costituito da una matrice caratterizzata da una colorazione grigia, sebbene in alcuni casi sporadici all'interno del gruppo possa essere di colore rosso. Le superfici, sia quella interna e quella esterna, sono lisce e di colore bruno. Lo scheletro è costituito da una scarsa quantità di inclusi (<5%) avente dimensione inferiore al millimetro e dal forma variabile da sub angolare a sub-arrotondata. Sono stati osservati rari inclusi dalla morfologia lamellare, aspetto lucente e colore bruno insieme a inclusi granulari neri, dall'aspetto opaco, inclusi romboedrici bianchi, vitrei e bianchi di aspetto terroso. Lo spessore della ceramica è di circa 6 mm, e la porosità è scarsa. La matrice sembra avere un'orientazione preferenziale parallela alla parete.

GRUPPO A1



Figura 25 : Frammento gruppo A1



Figura 26 : Campionamento gruppo A1

Il gruppo A1 è rappresentato dal campione NRD-F-I33/35-13B (Figura 25-26). Il campione è costituito da una matrice caratterizzata da una colorazione grigia, mentre le superfici esterne appaiono lisciate e di colore bruno. Soltanto in alcuni casi all'interno del gruppo la colorazione della matrice è rossa. Lo scheletro è presente in buona quantità, tra il 20 e il 40%. Essa è costituita da una componente principale di inclusi sub arrotondati a granulometria grossolana (>2mm) dalla forma granulare, di colore bianco e dall'aspetto terroso. In tracce, sono presenti inclusi lamellari, dalla forma sub angolare, dalle dimensioni inferiori al millimetro, aspetto lucente e di colore bruno. La frattura della ceramica si presenta frastagliata e la porosità non è abbondante. In genere sia la componente micacea della matrice sia la microporosità sono orientate parallelamente alla superficie.

GRUPPO A2



Figura 27 : Frammento gruppo A2

Figura 28: Campionamento gruppo A2

Il gruppo A2 è rappresentato dal campione NRD-F- BB34-13B/14B (Figura 27-28). Il campione è costituito da una matrice grigio-bruno/grigio-marrone e da superfici esterne lisciate e di colore bruno. In alcuni casi all'interno del gruppo la colorazione della matrice è rossa o presenta delle colorazioni variabili stratificate frutto di una variabilità delle condizioni di cottura. Lo scheletro è presente in buona quantità, tra il 20 e il 40% e di granulometria < 2mm. La componente principale dello smagrange è costituita da inclusi granulari dalle dimensioni comprese tra 1 e 2 mm, di colore bianco e dall'aspetto terroso. In quantità minore sono presenti inclusi granulari dalle dimensioni inferiori al millimetro con forma sub-arrotondata, aspetto opaco e di colore verde scuro. In quantità minori sono presenti inclusi sub-angolari lamellari di colore bruno di dimensione inferiore al millimetro dalla morfologia lamellare; inclusi romboedrici semitrasparenti di colore bianco con dimensione inferiore al millimetro. In genere sia matrice, smagrange e porosità sono orientate parallelamente alla superficie.

GRUPPO B



Figura 29: Frammento gruppo B



Figura 30: Campionamento gruppo B

Il gruppo B è rappresentato dal campione NRD-G1A-MN11-17 B/18° (Figura 29-30). Il campione è costituito da una matrice caratterizzata da uno strato centrale bruno e rosso ai lati. La superficie presenta una lisciatura approssimativa di colore rosso. Lo scheletro è costituito da una scarsa quantità di inclusi (<5%) con dimensioni comprese tra 0,5 e 2 mm e dal forma variabile da sub angolare ad angolare. Sono stati riconosciuti inclusi bianchi di dimensione compresa tra 1 e 2 mm, dalla forma granulare e aspetto vitreo; occasionalmente inclusi granulari neri vitrei di dimensione inferiore a 1mm; occasionalmente anche inclusi bianco-grigi di dimensione compresa tra 1 e 2 mm, dalla forma lamellare e dall'aspetto lucente. La superficie di frattura è irregolare. La porosità non è abbondante e non si evince nessuna orientazione preferenziale né degli inclusi che della porosità.

GRUPPO B1



Figura 31 : Frammento gruppo B1



Figura 32: Campionamento gruppo B1

Il gruppo B1 è rappresentato dal campione NRD-G1A-M12-17A/18° (Figura 31-32). Il campione è costituito da una matrice caratterizzata da una colorazione a bande. L'anima è di colore bruno-marrone, mentre procedendo verso la superficie è di colore rosso. Il campione presenta la superficie lisciata talvolta interessata da incrostazioni calcaree. Nel complesso il gruppo presenta delle variabilità a livello cromatico sia nel colore in sezione, che nelle superfici esterne/interne. Alcuni sono completamente ossidati e di colore rosso, altri invece di colore bruno. Lo scheletro è costituito da una scarsa quantità di inclusi (<5%) e presenta inclusi da sub angolari a sub arrotondati. Sono stati riconosciuti inclusi di dimensione compresa tra 1 e 2 mm, dalla forma romboedrica e dall'aspetto semitrasparente; occasionalmente inclusi bianchi di dimensione inferiore a 1 mm, dalla forma granulare e dall'aspetto terroso; infine alcuni inclusi neri vitrei di dimensione inferiore a 1, dalla forma granulare. La frattura è irregolare e la porosità si concentra specialmente nella parte centrale. Non si evince nessuna orientazione preferenziale né degli inclusi che della porosità.

GRUPPO B2



Figura 33: Frammento gruppo B2



Figura 34: Campionamento gruppo B2

Il gruppo B2 è rappresentato dal campione NRD-G1A- M12-17A/18 (B2) (Figura 33-34) e dal campione NRD G1 G12 17B (B2(2)). Il campione B2 è costituito da una matrice caratterizzata da una colorazione a bande. L'anima è di colore marrone, mentre procedendo verso la superficie è di colore rosso. Le superfici appaiono lisce con tracce di incrostazioni calcaree. Nel complesso il gruppo non presenta differenze cromatiche sostanziali sia nel colore in sezione, che nelle superfici esterne/interne. In alcuni casi sia superfici, che superfici di frattura presentano un colore rosso omogeneo. Lo scheletro (<5%) è costituito da inclusi con dimensioni inferiori al millimetro, dalla forma variabile da sub angolari a sub arrotondati. Sono stati riconosciuti inclusi granulari di aspetto terroso e occasionalmente inclusi bianchi-grigi, con abito lamellare e dall'aspetto lucente. Gli inclusi non presentano nessuna orientazione preferenziale. La porosità si concentra specialmente nella parte centrale nella parte centrale. Il campione B2(2) si discosta dal campione B2 soltanto per la presenza di inclusi sparsi di dimensione anche maggiore ai 2 mm, e dalla rarissima presenza di minerali ad abito lamellare.

GRUPPO C



Figura 35 : Frammento gruppo C



Figura 36 : Campionamento gruppo C

Il gruppo C è rappresentato dai campioni NRD M12 G1A 16A (Figura 35-36), NRD MN11 G1A 17B 18AB, NRD-G1- H10-16A/17B, NRD-G1-I8-17AB, NRD-G1-L3-16A/17B. Di seguito si riporta un'unica descrizione che nel complesso rappresenta tutti i campioni. Il gruppo ha superfici ruvide a causa della grande dimensione degli inclusi (>2mm) che compaiono in grande quantità sia in superficie che in sezione. In alcuni casi le pareti presentano una lisciatura sommaria e sono prive di inclusi grossolani. Gli spessori variano tra 5mm e i 15mm, in alcuni casi anche più di 15mm. L'anima presenta colorazioni variabili: "a bande", del tipo rosso-marrone/bruno-rosso; rosso-marrone oppure marrone, bruno fino a nero. Lo smagrante è abbondante (20-40%). Parte degli inclusi, si presentano granulari, con forma sub-arrotondata, aspetto terroso e colore bianco; altri presentano forma lamellare subangolare, aspetto lucente e colore bruno-verde. Questi ultimi sono più evidenti in corrispondenza delle superfici delle pareti. La frattura in sezione è frastagliata e la porosità è maggiore nella parte centrale. Gli inclusi, specialmente quelli a forma lamellare, presentano una orientazione preferenziale parallelamente alle pareti.

GRUPPO C1



Figura 37: Frammento gruppo C1



Figura 38: Campionamento gruppo C1

Il gruppo C1 è rappresentato dal campione NRD-MN11-17B/18AB (Figura 37-38). Macroscopicamente il gruppo si caratterizza per avere delle superfici semiruide sommariamente lisce. Gli inclusi sono di varia dimensione, da minuta (<1mm) a grossolana (>2mm). Gli spessori sono generalmente più contenuti rispetto al gruppo C, non comparendo frammenti avente uno spessore maggiore di 10mm. L'anima presenta colorazioni variabili: "a bande", del tipo rosso-marrone/bruno-rosso oppure rosso-bruno/marrone; rosso-marrone o rosso vivo; oppure marrone, bruno fino a nero. Lo smagante è presente in minore quantità rispetto C (5-20%). Sono stati osservati principalmente inclusi granulari bianchi sub-arrotondati dall'aspetto terroso e inclusi sub-angolari bruno-verdi di dimensione < 1mm dall'aspetto lucente che compaiono specialmente nella superficie della parete; occasionalmente sono presenti inclusi granulari neri di dimensione inferiore a 1 mm, dalla forma sub-arrotondata e aspetto opaco. La frattura in sezione è irregolare e la porosità è distribuita su tutta la sezione. La porosità e gli inclusi, specialmente quelli avente forma lamellare, presentano una orientazione preferenziale parallelamente alle pareti.

GRUPPO C2



Figura 39: Frammento gruppo C2

Il gruppo C2 è rappresentato dal campione NRD-G1A- N11-18AB (Figura 39). Il gruppo si caratterizza per le sue superfici grossolane e ruvide e per gli spessori generalmente > di 10mm. Generalmente i frammenti appaiono di colore rosso o rosso marrone sia nelle superfici che in sezione, raramente di colore bruno o a bande. Lo smagrange è presente in buona quantità (20-40%), come il gruppo C. Gli inclusi sono di varia dimensione, da minuta (<1mm) a grossolana (>2mm). Sono stati osservati principalmente inclusi granulari bianchi subarrotondati, di dimensione inferiore al millimetro, ed aspetto terroso; con la stessa concentrazione inclusi lamellari bruno-verdi, grossolani di aspetto lucente che compaiono sia in sezione che nella superficie della parete; in quantità subordinata ai primi compaiono inclusi bianco-grigi, vitrei, di dimensione tra 1 e 2 mm e dalla forma romboedrica. La frattura in sezione è frastagliata e la porosità è distribuita su tutta la sezione ma principalmente nella parte centrale. Porosità e inclusi, specialmente quelli avente forma lamellare, presentano una orientazione preferenziale parallelamente alle pareti.

GRUPPO D



Figura 40: Frammento gruppo D

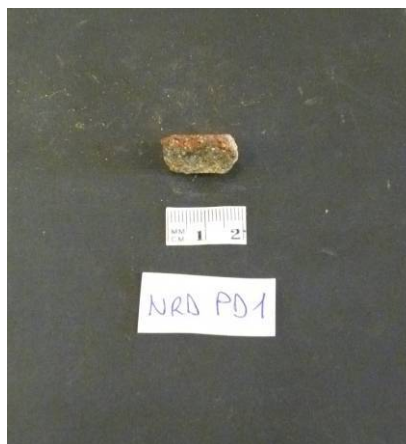


Figura 41: Campionamento gruppo D

Il gruppo D è rappresentato dai campioni NRD-G1A-MN11- 17B/18AB (Figura 40-41). Il gruppo si caratterizza per le sue superfici grossolane e ruvide e per gli spessori generalmente compresi tra 5 e i 15mm. Raramente compaiono elementi avente spessori minori di 5mm e maggiori di 15mm. I frammenti sono caratterizzati da diverse varietà cromatiche che passano dal rosso/marrone al marrone/bruno/nero con termini rossi e altri neri. Frequenti sono inoltre le strutture a bande. Il colore in superficie di frattura ha la stessa variabilità cromatica delle superfici. Lo smagrange è presente in buona quantità (20-40%). Gli inclusi sono di varia dimensione, da minuta (<1mm) a grossolana (>2mm). Sono stati osservati principalmente inclusi granulari bianchi sub-arrotondati, di dimensione grossolana, ed aspetto terroso. Occasionalmente compaiono inclusi bianco-grigi, semitrasparenti, di dimensione grossolana e dalla forma romboedrica; in tracce inclusi sub-angolari bruno-verdi, dalla dimensione minuta, lamellari ed aspetto lucente. La frattura è irregolare e la porosità è distribuita su tutta la superficie. Non si evince nessuna orientazione preferenziale né degli inclusi che della porosità.

GRUPPO D1



Figura 42: Frammento gruppo D1



Figura 43: Campionamento gruppo D1

Il gruppo D1 è rappresentato dal campione NRD-G1-H13-17° (Figura 42-43). Il gruppo si caratterizza per la presenza di superfici semiruide parzialmente lisce, spessori essenzialmente compresi tra 5 e 10mm, ed il colore rosso vivo, sia in sezione che nelle superfici. Scarse sono le colorazioni a bande o ridotte nella superficie di frattura. Gli inclusi sono presenti in quantità abbondante (20-40%) e sono di granulometria media (compresa tra 1 e 2 mm) e minuta (<1mm). Sono stati riconosciuti inclusi principalmente inclusi granulari bianchi, sub-arrotondati di media dimensione ed aspetto terroso. Occasionalmente inclusi bianco-grigi, vitreii, di dimensione media e dalla forma romboedrica; inclusi neri di dimensione inferiore a 1 mm, dalla forma sub-arrotondata, con abito granulare e dall'aspetto opaco; inclusi bruno-verdi, dalla dimensione minuta, con abito lamellare (sub angolari) ed aspetto lucente. La porosità è scarsa e non si riscontra nessuna orientazione preferenziale né di quest'ultima e nemmeno degli inclusi. La frattura è irregolare.

GRUPPO E



Figura 44: Frammento gruppo E



Figura 45: Campionamento gruppo E

Il gruppo E è rappresentato dai campioni NRD G1A MN11 17B/18AB (Figura 44-45), dal campione NRD G1A M12 17A/18A e dal NRD N 10 G1 a 17 B. Il gruppo ha superfici semiruvide o lisce con colori che variano dal bruno al marrone, mentre la superficie di frattura è di colore bruno. Gli spessori variano tra 5 e 10mm. Lo smagrante (5-20%) è costituito da inclusi di dimensione media $< 2\text{mm}$. Sono stati osservati principalmente inclusi granulari sub-arrotondati di colore bianco dall'aspetto terroso. Occasionalmente inclusi neri di dimensione inferiore a 1 mm, dalla forma sub-arrotondata, con abito granulare e dall'aspetto opaco; inclusi bianco grigi, inferiore al millimetro, con abito lamellare (sub angolari) ed aspetto lucente. La frattura è irregolare; la porosità è abbondante specialmente nella parte centrale. Lo smagrante avente abito lamellare sembra essere orientato parallelamente alla superficie.

GRUPPO E1

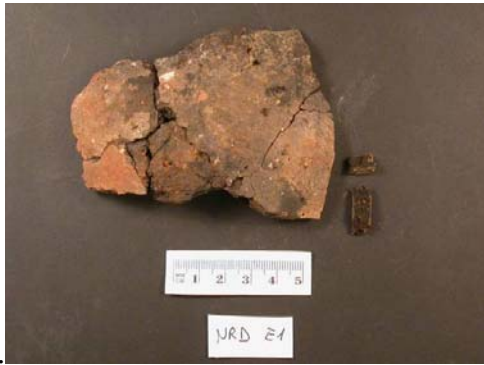


Figura 46: Frammento gruppo E1



Figura 47: Campionamento gruppo E1

Il gruppo E1 è rappresentato dal campione NRD-G1A-N10-17° (Figura 46-47). Il gruppo ha superfici semiruvide o lisce di colore bruno sia in sezione che nelle superfici, e spessori essenzialmente compresi tra 5 e 10mm e dalla scarsa quantità di smagranza (<5%). Lo smagranza è costituito da inclusi di dimensione compresa tra 1 e 2 mm. Sono stati osservati inclusi granulari bianchi sub-arrotondati di dimensione < 2mm, dall'aspetto terroso. La porosità è elevata distribuita su tutta la superficie. La frattura irregolare. Non si evince un'orientazione preferenziale di smagranza e porosità parallelamente alla superficie.

GRUPPO E2



Figura 48: Frammento gruppo E2



Figura 49: Campionamento gruppo E2

Il gruppo E2 è rappresentato dal campione NRD-G1A-O10-18B (Figura 48-49). Il gruppo ha superfici semiruvide o lisce di colore bruno e spessori compresi tra 5 e 10mm. La superficie di frattura è irregolare e di colore bruno. Lo smagranante (5-20%), è costituito da inclusi di dimensione medie $< 2\text{mm}$. Principalmente sono stati osservati inclusi granulari bianchi sub-arrotondati di dimensione compresa tra 1 e 2 mm, dall'aspetto terroso e inclusi bianco grigi, dalla dimensione minuta, con abito lamellare (sub angolari) ed aspetto lucente. La porosità è elevata su tutta la superficie di frattura. Si evince un'orientazione preferenziale della frazione lamellare e della porosità parallelamente alla superficie.

GRUPPO F



Figura 50: Frammento gruppo F



Figura 51: Campionamento gruppo F

Il gruppo F è costituito da un solo frammento, NRD MN11 G1A 17B 18A (Figura 50-51). Il campione si presenta con superficie semiruvida ed uno spessore compreso tra 10 e 15mm. La superficie di frattura è di colore nera/bruno scuro e soltanto in superficie diventa rossa con tracce di bruciature. La granulometria è grossolana con inclusi fino a 2mm. La superficie appaiono nel complesso semiruvide. Lo smagrange è compreso tra il 5 e il 20% dell'impasto ed è costituito principalmente da inclusi di colore nero dall'aspetto opaco, dalla forma romboedrica con margini sub-angolari, di dimensione maggiore di 2mm. Occasionalmente compaiono inclusi di colore giallo ambra dall'aspetto vitreo, morfologia romboedrica con margini sub-angolari e dimensione compresa tra 1 e 2mm. La superficie di frattura appare irregolare. La porosità è scarsa. Non si evince nessun tipo di orientazione preferenziale degli inclusi e della porosità.

GRUPPO F1



Figura 52: Frammento gruppo F1



Figura 53: Campionamento gruppo F1

Il gruppo F1 è costituito anch'esso da un solo frammento, il campione NRD- G1A-L13-16B/17A (Figura 52-53). La superficie di frattura è per metà rossa e per metà di colore nero. La superficie appaiono nel complesso semiruvide. Anche lo smagante è abbondante, compreso tra il 20 e il 40 % e gli inclusi hanno una granulometria compresa tra 1 e 2mm. La componente principale è rappresentata da inclusi di colore giallo ambra dall'aspetto vitreo, morfologia romboedrica con margini sub-angolari; da inclusi di colore nero, dall'aspetto opaco, di forma romboedrica con margini sub-angolari. In quantità secondaria inclusi di colore bianco con morfologia granulare dall'aspetto terroso; infine da inclusi semitrasparenti di colore bianco-grigio dalla morfologia romboedrica e margini sub-angolari. La superficie di frattura è irregolare. La porosità è scarsa. Non si evince nessun tipo di orientazione preferenziale.

GRUPPO F2



Figura 54: Frammento gruppo F2



Figura 55: Campionamento gruppo F2

Il gruppo F2 è rappresentato dal campione NRD-F-AA35-14B/15AB (Figura 54-55). Esso presenta alcune differenze rispetto ai campioni del gruppo F e F1, soprattutto cromatiche. La colorazione in frattura varia dal grigio al grigio nero, in certi casi si presenta a bande con l'anima di colore nero e le superfici di colore rosso. Le superfici appaiono di colore variabile dal grigio al grigio-nero ed in alcuni casi rosso. La superficie appaiono nel complesso semiruvide. Lo smagrante è abbondante e compreso tra il 20 e il 40 %. Esso è costituito da inclusi di dimensione compresa tra 1 e 2mm. Sono stati osservati principalmente inclusi di colore bianco dalla morfologia granulare sub-arrotondata e dall'aspetto terroso; inclusi di colore bianco-grigio semitrasparenti di forma romboedrica sub-angolari. Occasionalmente sono stati osservati inclusi di colore giallo ambra dall'aspetto vitreo, morfologia romboedrica sub-angolare. La superficie di frattura appare irregolare. La porosità è scarsa. Non si evince nessun tipo di orientazione preferenziale.

GRUPPO H

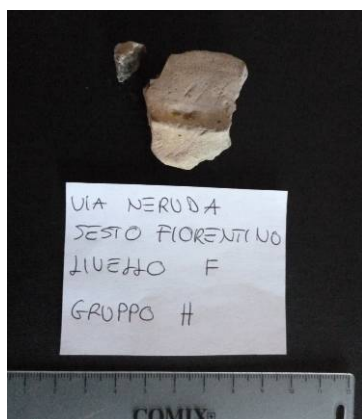


Figura 55: Frammento gruppo H



Figura 56: Campionamento gruppo H

Il gruppo H è costituito soltanto da alcuni frammenti ed è rappresentato dal campione NRD-F-BB34 14B/16A (Figura 55-56). Lo spessore è inferiore ai 10mm, le superfici appaiono di colore marroncino/grigio, mentre la superficie di frattura presenta una colorazione più scura tendente al grigio scuro. La quantità di inclusi riscontrata è relativamente elevata (20-40%) ed è caratterizzata da una granulometria inferiore al millimetro. Sono stati osservati in quantità maggiore inclusi di colore bianco dall'aspetto semitrasparente, forma romboedrica margini sub-angolari; inclusi di colore nero dall'aspetto opaco, dalla forma romboedrica con margini sub-angolari. In quantità minore inclusi di colore bianco-grigio dall'aspetto terroso forma romboedrica margini sub-angolari. La porosità appare abbondante e concentrata specialmente nella parte centrale del frammento. Non si evince nessuno tipo di orientazione preferenziale.

GRUPPO I



Figura 57: Frammento gruppo I



Figura 58: Campionamento gruppo I

Il gruppo I è costituito da un solo frammento ed è rappresentato dal campione NRD-G1-H10-16A/17B (Figura 57-58). Il frammento presenta superfici lisce di colore marrone. La superficie di frattura appare di colore rosso-marrone. Lo scheletro rappresenta il 5-20% dell'impasto, con due classi granulometriche. Una compresa tra 1 e 2 mm e l'altra inferiore a 1mm. Tra la frazione più grossolana sono stati osservati inclusi di colore bianco-grigio dall'aspetto terroso, con forma granulare; inclusi di colore giallo ambra dall'aspetto vitreo, di forma romboedrica sub-angolare. Nella frazione più fine inclusi di colore bruno, morfologia lamellare (sub angolari) ed aspetto lucente. La matrice appare abbastanza compatta e la porosità è bassa. Non si evince nessun tipo di orientazione preferenziale.

7.2 Risultati dello studio petrografico dei campioni

Sulla base delle osservazioni effettuate su sezione sottile i campioni analizzati sono stati raggruppati in relazione alle caratteristiche composizionali e tessiturali: natura e caratteri granulometrici dei minerali presenti, caratteristiche della matrice, porosità, sostanze carboniose. Dai risultati sono emersi 4 gruppi composizionali. Un gruppo composizionale denominato QPL, composto essenzialmente da quarzo e plagioclasio con tracce di orto pirosseno, miche e diallagio, a sua volta suddiviso in gruppi e sottogruppi. Un secondo gruppo denominato PID è composto essenzialmente da plagioclasio, diallagio, orto

pirosseni, frammenti di roccia gabbriica e quarzo. Il terzo gruppo, denominato QSP, è costituito da materiale di origine ignea dove sono ben visibili cristalli di sanidino, pirosseni di vario genere e quarzo. Infine il gruppo QPIC, è costituito essenzialmente da quarzo, plagioclasti, calcite ed in misura minore pirosseni. Sono presenti inoltre frammenti di calcare e rocce carbonatiche. Di seguito vengono riportati i risultati.

GRUPPO DI IMPASTO QP1 (quarzo e plagioclasti)

GRUPPO QP1: Campioni B, B2, B2(2)

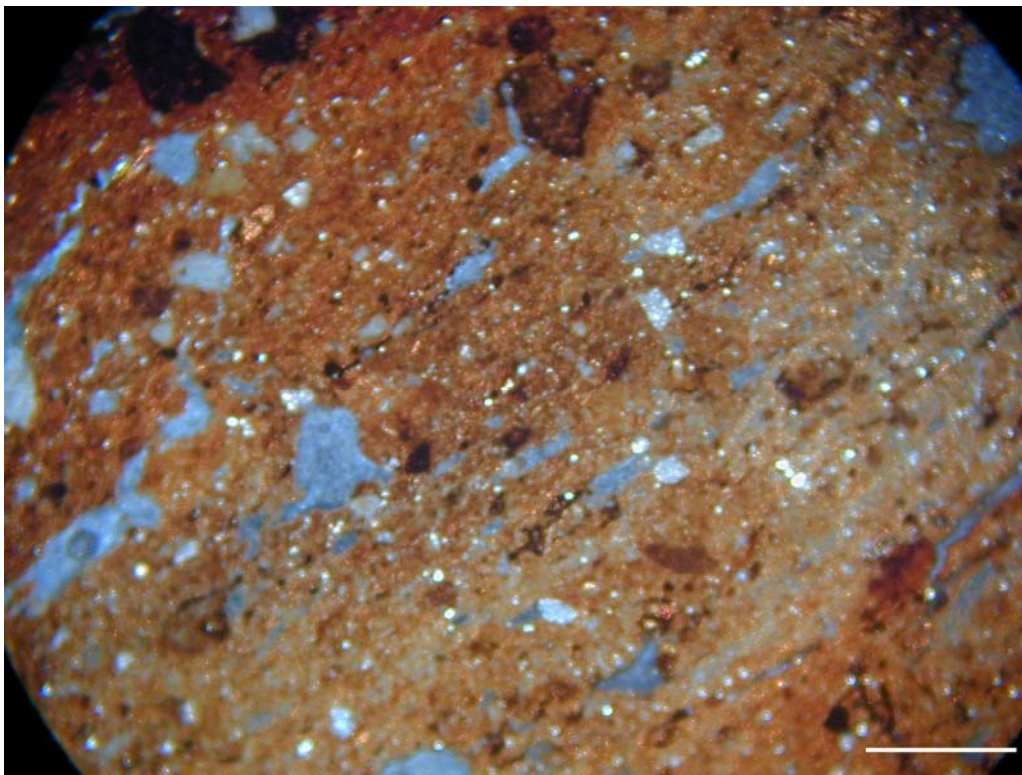


Figura 59: Figura campione B2 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento metrico = 1mm)

Campione B2 (Figura 59). La matrice, anisotropa, presenta una colorazione rosso-marrone al centro, tendendo al rosso-arancio verso la superficie.

La ceramica presenta una matrice ferrifera micacea mentre lo smagrante è costituito da quarzo, in piccoli frammenti nella frazione granulometrica minore, plagioclasti fratturati e alterati in sericite dall'aspetto torbido insieme con venature di materiale ossidato. Sono stati osservati alcuni inclusi di colore arancione torbido, molto alterato, a volte dalla forma allungata e a volte sub arrotondati. La bibliografia identifica questo tipo di minerale come

un pirosseno monoclinico, talvolta geminato e con cristalli compenetrati con pirosseno rombico (Caperdi 1966). Inoltre sono presenti diversi agglomerati di ossidi dalla forma circolare, distribuiti su tutta la superficie della sezione. La porosità è ben visibile nella parte centrale e in buona quantità anche verso superficie sezione, nel complesso abbondante. E di forma più o meno allungata con direzione preferenziale parallelamente alla parete, in alcuni casi anche di forma subsferica. La quantità di scheletro presente è leggermente maggiore rispetto al campione B, sebbene il rapporto legante/smagrante continui ad essere elevato. Lo smagrante è caratterizzato da una granulometria dispersa, sub-angolare/sub-arrotondata, fino a 600 µm. Il campione si caratterizza per un rapporto legante/smagrante minore di uno.

Campione B. Il campione ha una matrice anisotropa di colore rosso-marrone. Nella matrice compaiono aggregati di ossidi di ferro e sostanze carboniose nella parte centrale. Lo scheletro è composto da plagioclasti alterati e fratturati dall'aspetto torbido che si concentrano nella frazione più grossolana. Sono stati osservati inoltre cristalli di quarzo e minerali con abito lamellare della forma stretta e allungata con colori di interferenza del primo ordine che si mescolano con la matrice. Inoltre sono presenti alcuni cristalli di diallagio. La porosità è presente sotto forma di venature più o meno allungate nella parte centrale della sezione e non presenta una distribuzione particolare. Lo scheletro presenta una distribuzione bimodale degli inclusi, con grani di dimensione molto piccola, fino a 300 µm, dalla forma arrotondato/ sub-arrotondato, ed altri di dimensione maggiore compresa tra 600 e 1200 µm di forma angolare/sub angolare, ma in quantità inferiore rispetto alla frazione più fine. Il campione si caratterizza per un rapporto legante/smagrante minore di uno.

Variante gruppo QP11: campione B2(2)

Campione B2(2). Il campione è costituito da una matrice ferrifera anisotropa, di colore rosso omogenea nella parte centrale, e tendente alla rosso-bruno verso la superficie. Sono presenti alcuni agglomerati di ossidi, in misura nettamente inferiore rispetto ai campioni B e B2. Lo smagrante è costituito dalla stessa associazione mineralogica del campione B2, con plagioclasti alterati nella frazione più grossolana. Nella matrice cristalli di quarzo,

clinopirosseni e orto pirosseni in tracce. La porosità è abbondante, è distribuita uniformemente su tutta la superficie della sezione e presenta un'orientazione preferenziale parallelamente alla superficie della parete. La forma dei pori è stretta e allungata ed in alcuni casi circolare. Lo scheletro è in misura nettamente maggiore rispetto agli altri campioni del gruppo presenta una distribuzione bimodale degli inclusi, con grani di dimensione molto piccola, fino a 300 μm , dalla forma arrotondata/ sub-arrotondata, ed altri di dimensione maggiore compresa tra 600 e 1600 μm di forma angolare/sub angolare, ma in quantità inferiore rispetto alla frazione più fine. Il rapporto legante/smagrante può essere considerato uguale a uno.

GRUPPO QP12: campioni G, G1, B1, D, A1

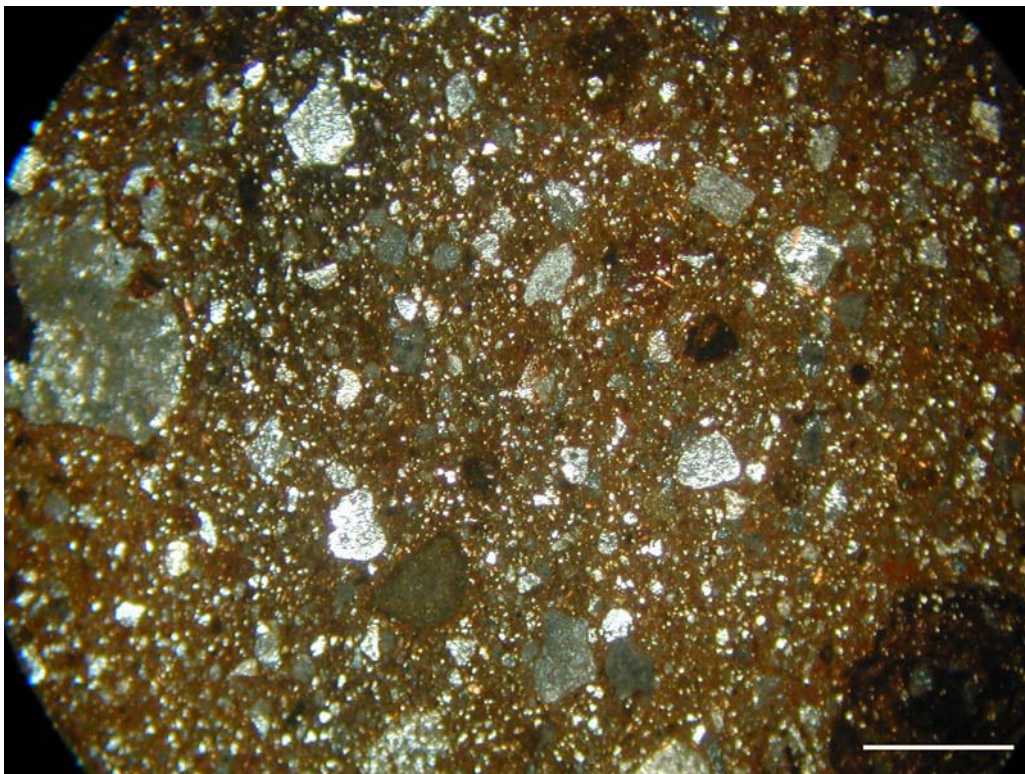


Figura 60: Figura campione B1 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento bianco = 1mm)

Campione B1 (Figura 60). Il campione presenta una matrice isotropa, di colore bruno nella parte centrale e tendente a rosso verso l'esterno. Sono presenti agglomerati di ossidi. Scarsa è la porosità, se non del tutto assente. La composizione mineralogica dello scheletro è composto da plagioclasti alterati, grande quantità di quarzo, rare lamelle micacee di

piccola dimensione e diallagio che si mescolano alla matrice, orto pirosseni e tracce di serpentino. Lo smagrante è caratterizzato da una granulometria dispersa, sub-angolare/sub-arrotondata, con cristalli che arrivano fino ai 4mm. Il campione si discosta dal campione G1 per la granulometria più grossolana. Nel complesso il rapporto legante/smagrante è uguale a uno.

Campione G1. La matrice, isotropa, presenta una colorazione bruno-marrone nella parte centrale, mentre è di colore rosso-marrone nella parte esterna. Anche in questo caso sono presenti agglomerati di ossidi mescolati alla matrice. La composizione mineralogica è la stessa del campione precedente, con la grande quantità di quarzo, plagioclasti di grossa dimensione fratturati, lamelle micacee di colore bianco-giallo di piccola dimensione e tracce di muscovite si confondono nella matrice. La porosità è molto bassa, forse assente. Lo smagrante è caratterizzato da una granulometria dispersa, sub-angolare/sub-arrotondata, compresa tra 100 e 1600 µm. Nel complesso il rapporto legante/smagrante è uguale a uno.

Campione B1. Il campione presenta una matrice isotropa, di colore bruno nella parte centrale e tendente a rosso verso l'esterno. Sono presenti agglomerati di ossidi. La composizione mineralogica dello scheletro è composto da plagioclasti alterati, grande quantità di quarzo, rare lamelle micacee di piccola dimensione e diallagio che si mescolano alla matrice, orto pirosseni e tracce di serpentino. Lo smagrante è caratterizzato da una granulometria dispersa, sub-angolare/sub-arrotondata, con cristalli che arrivano fino ai 4mm. Il campione si discosta dal campione G1 per la granulometria più grossolana. Nel complesso il rapporto legante/smagrante è uguale a uno. Scarsa è la porosità, se non del tutto assente.

Campione D. Il campione ha una matrice isotropa di colore bruno scuro omogeneo. La colorazioni non cambiano se osservate a nichol paralleli o incrociati. Scarsa è la porosità e, come dei campioni G e B1, sono presenti agglomerati di ossidi. Lo smagrante è caratterizzato da una granulometria dispersa, sub-angolare/sub-arrotondata, con cristalli che arrivano fino ai 2 mm. Il rapporto legante/smagrante può essere considerato uguale a uno. La composizione mineralogica del smagrante è per la maggior parte composta da

quarzo di piccole dimensioni, plagioclasti non molto alterati, da miche, tracce di orto pirosseno.

Campione G. Il campione ha una matrice isotropa e di colore variabile, con la parte in prossimità della superficie esterna di colore rosso-marrone, mentre la parte centrale e quella interna di colore marrone-bruno. A nichol paralleli la prima tende al marrone, mentre la seconda rosso-bruno. Sono presenti agglomerati di ossidi in noduli, anche di dimensione considerevole.

Lo smagrante si caratterizza per una distribuzione è bimodale degli inclusi con cristalli di piccole dimensioni a granulometria fino a 200 μm sub-arrotondate/angolari (in quantità superiore), e cristalli di grosse dimensioni dalla forma angolare (400-900 μm). Il rapporto legante/smagrante può essere considerato minore di uno. La caratteristica principale del campione G è la distribuzione granulometrica degli inclusi. Sia la quantità, che la dimensione degli inclusi diminuisce dal centro verso il margine della sezione. La frazione più grossolana si concentra nella parte centrale della sezione. La maggior parte del smagrante composto da quarzo dalla granulometria molto fine e da plagioclasti parzialmente alterati di grossa dimensione.

Variante gruppo QP12: campione A1

Campione A1. Il campione presenta una matrice isotropa di colore bruno. La colorazioni non cambiano se osservate a nichol paralleli o incrociati. Sono presenti ossidi sotto forma di grumi in certi casi anche di grande dimensione. La parte esterna della sezione presenta lo strato più scuro di colore bruno dovuto alla lisciatura della superficie. Il frammento presenta una porosità moderata, specialmente nella parte centrale, della forma stretta e leggermente allungata. Lo smagrante, è abbondante ed è caratterizzato da una granulometria dispersa, sub-angolare/sub-arrotondata, con cristalli che arrivano fino ai 1200 μm . Il rapporto legante/smagrante può essere considerato uguale a uno. Nello smagrante sono presenti in quantità considerevole plagioclasti, anche in questo caso decisamente alterati e torbidi dal colore giallastro. Inoltre sono presenti, in tracce, alcuni cristalli di diallagio e orto pirosseno. Sia smagrante che porosità presentano una direzione preferenziale parallela alla superficie.

GRUPPO QP13: Campioni A, A2

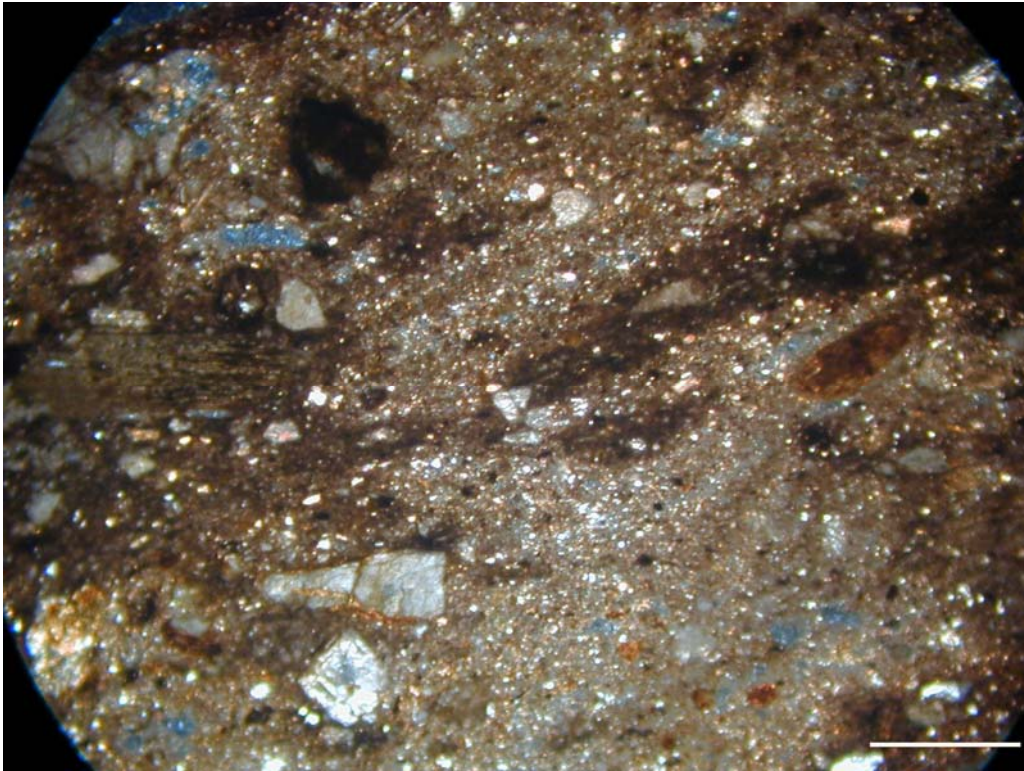


Figura 61: Figura campione A eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento bianco = 1mm)

Campione A (Figura 61). Il campione presenta una matrice anisotropa di colore variabile da marrone chiaro a marrone scuro. Sono presenti ossidi di ferro e sostanze carboniose all'interno delle porosità di dimensioni maggiori.

Lo smagrante è caratterizzato da una granulometria dispersa, sub-angolare/sub-arrotondata, con cristalli che arrivano fino a 1600 μm . I cristalli di grossa dimensione comprendono plagioclasio alterato (con venature di materiale ossidato di colore rosso-bruno) dall'aspetto torbido e difficilmente distinguibile, in misura minore diallagio, anch'esso parzialmente alterato e mescolato alla matrice. La frazione più fina è costituita da quarzo. Si notano ortopirosseni in tracce di colore arancio in tracce. Non si nota una orientazione preferenziale né della porosità e nemmeno dello smagrante. Il rapporto legante/smagrante può essere considerato minore di uno. La porosità è scarsa e si caratterizza per la presenza di qualche poro dalla forma arrotondata.

Campione A2. Il campione è caratterizzato da una matrice, anisotropa, ferrifera. I

componenti maggiori dello smagrante sono il plagioclasio, alterato in sericite, e il diallagio anche in piccole lamelle mescolato alla matrice. In quantità minori si osservano quarzo e tracce di orto pirosseni. Lo smagrante è caratterizzato da una granulometria dispersa, sub-angolari/sub-arrotondata, con cristalli che arrivano fino a 2 mm. Sono frequenti ossidi di ferro di forma globulare. La presenza di elementi neri isotropi porta a considerare la presenza di sostanze carbonizzate. In questo caso rapporto legante/smagrante può essere considerato è maggiore di uno. La porosità è distribuita uniformemente su tutta la sezione, presenta una forma stretta e allungata orientata parallelamente alla parete del frammento.

GRUPPO QP14: Campioni D1, PD1, E2, E(2), E1, E(1)

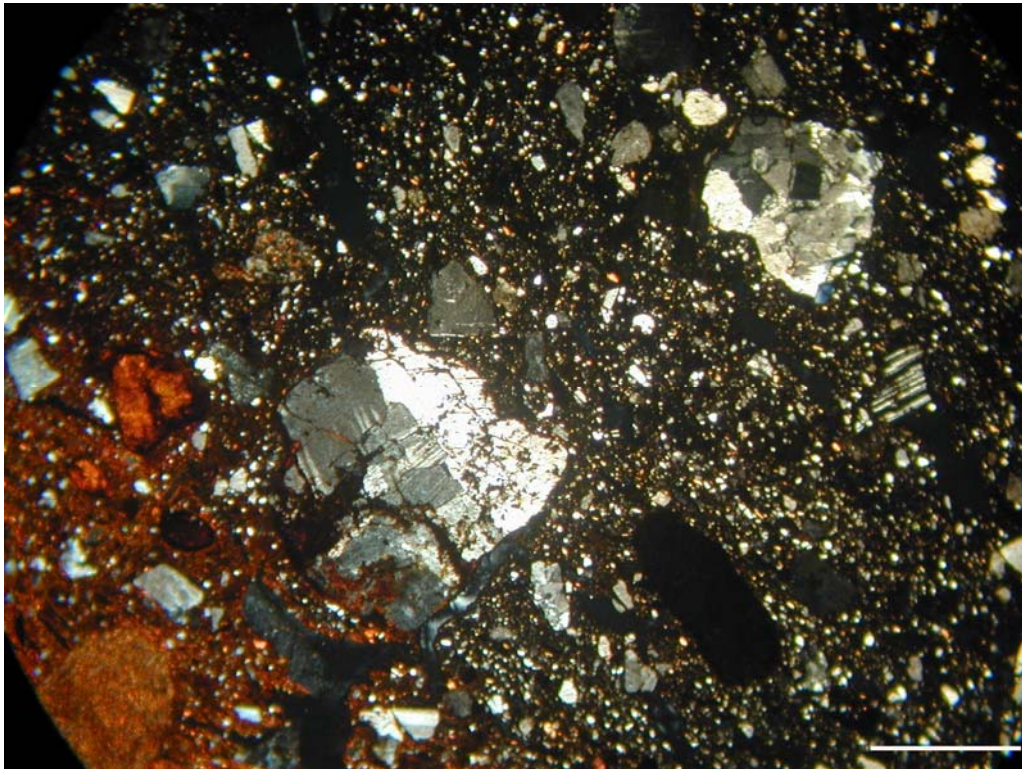


Figura (Figura 62) : Figura campione PD1 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X
(riferimento bianco = 1mm)

Campione PD1 (Figura 62). Il campione presenta una matrice anisotropa di colore bruno-nero tendente al rosso soltanto da un lato.. Si evince la presenza di ossidi di ferro e di residui carboniosi nella porosità . La porosità si concentra nella parte centrale della sezione, è di forma irregolare ma prevalentemente sotto forma di venature. La distribuzione granulometrica dell'impasto è bimodale. La frazione più fine (fino a 400 μ m)

rappresenta la maggior parte dell'impasto e si caratterizza per avere al suo interno inclusi dalla forma arrotondata e sub arrotondata, prevalentemente quarzo ed in minor misura da orto pirosseni, e da cristalli dalla forma lamellare identificati come diallagio, mescolati alla matrice. La frazione più grossolana di forma angolare/sub-angolare è costituita prevalentemente da plagioclasti di grossa dimensione (600 μm -2mm). Il rapporto legante smagrante è maggiore di uno. Si nota inoltre un'orientazione preferenziale secondo le pareti del frammento sia della porosità che dello smagrante.

Variante "A" gruppo QP14 : campione D1

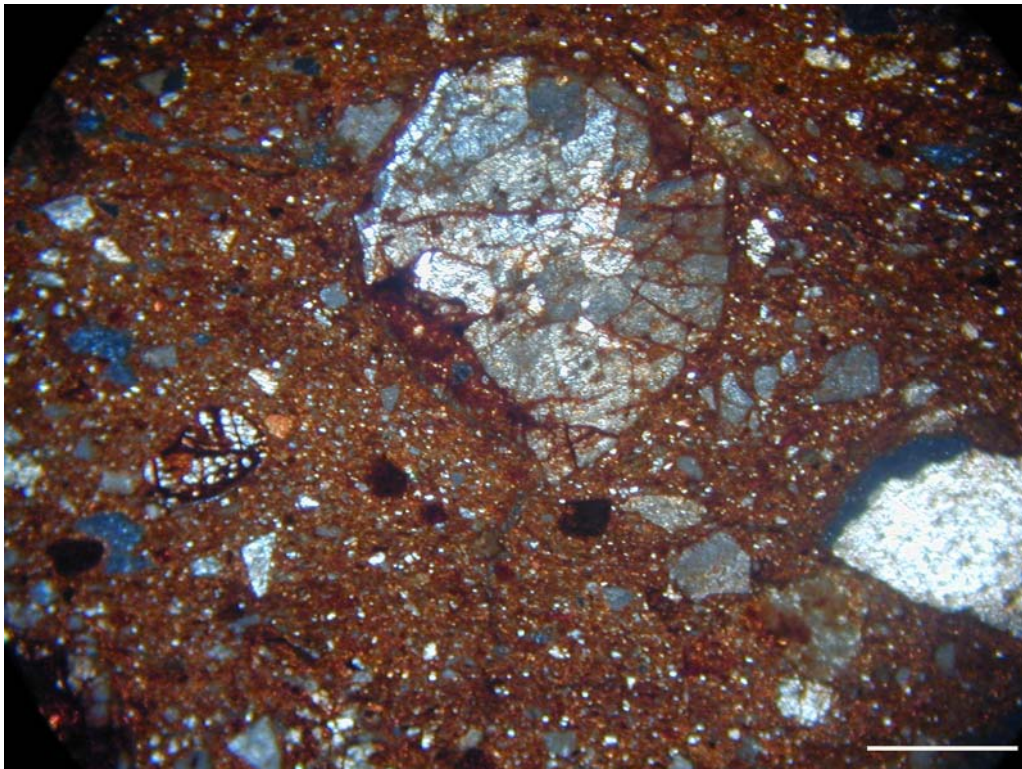


Figura 63: Figura campione D1 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento bianco = 1mm)

Campione D1 (Figura 63). Il campione presenta una matrice anisotropa di colore rosso, omogeneo, su tutta la superficie della sezione. Il colore non muta al solo polarizzatore. Sono presenti ossidi sotto forma di noduli dalla forma circolare. La porosità è bassa, di forma sub circolare, e si concentra solamente nella parte centrale della sezione. La distribuzione è bimodale, con cristalli di piccole dimensioni a granulometria fino a 400 μm di forma sub-angolare/sub-arrotondata, e cristalli di grosse dimensioni dalla forma

angolare/sub-angolare con dimensione compresa tra 700 e 3200 μm . Il rapporto legante smagante può essere considerato uguale a uno.

La frazione più fine costituita da quarzo, mentre la frazione più grossolana è costituita prevalentemente da plagioclasti. I plagioclasti hanno un diverso stato di alterazione, quelli particolarmente alterati presentano venature di materiale ossidato di colore rosso. Lamelle di diallagio presente in tracce mescolati alla matrice.

Variante "B" gruppo QP14 : campioni E2, E(2), E1, E(1),H

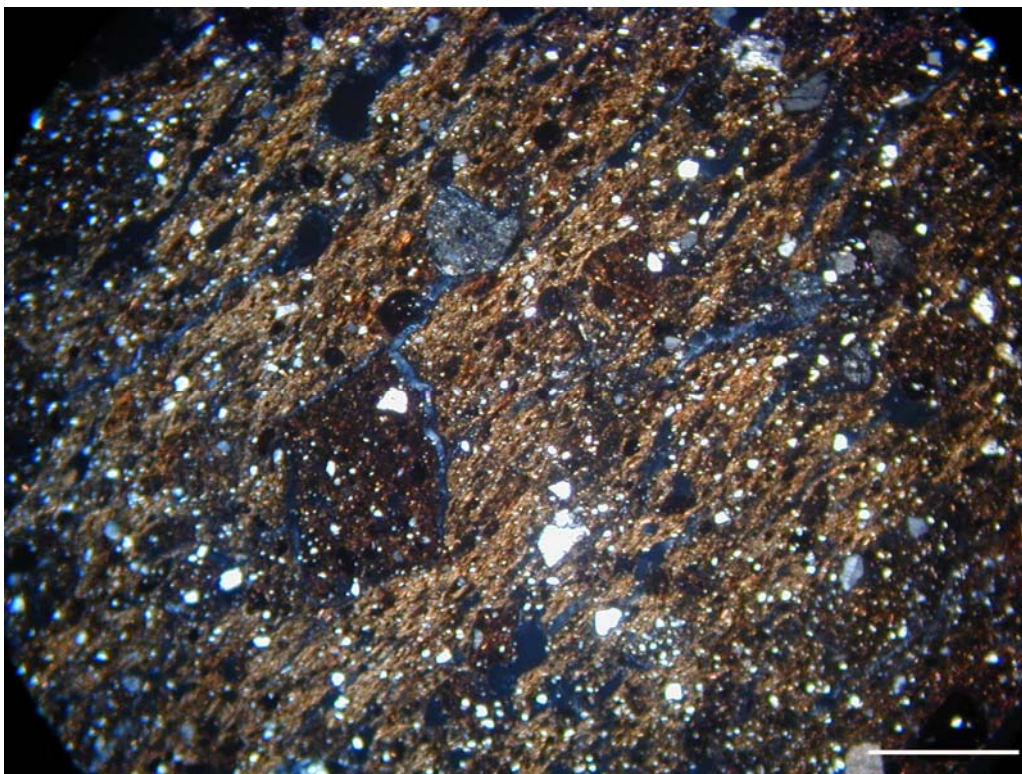


Figura 64: Figura campione B1 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento bianco = 1mm)

Campione H (Figura 64). Il campione presenta una matrice anisotropa con colorazione che varia dal marrone, al solo polarizzatore, al bruno marrone a polarizzatori incrociati. Si nota la presenza di minerali opachi e ossidi dalla forma granulare ed aggregati di argilla. La porosità ha una forma irregolare, generalmente sotto forma di venature dalla forma stretta e allungata, è distribuita uniformemente su tutta la superficie della sezione. La distribuzione dello smagante è bimodale. La maggior parte dello scheletro è costituita da cristalli di quarzo a granulometria fine (fino a 400 μm) dalla forma arrotondata e sub-

arrotondata, ed in misura minore da cristalli di orto pirosseno. Al suo interno inoltre si nota la presenza dei minerali dalla forma lamellare, identificabile come diallagio. Compiono inoltre, ma in misura nettamente inferiore, alcuni cristalli di quarzo di media dimensione (700-900 μm) dalla forma angolare. Anche in questo caso il rapporto legante /smagrante è maggiore di uno. Infine sia lo smagrante che la porosità presentano l'intenzione preferenziale parallelamente al margine della sezione.

Campione E2. La matrice, isotropa, è di colore bruno scuro nella parte centrale, mentre le due estremità della sezione sono di colore rosso. Le colorazioni non cambiano se osservate a nichol paralleli o incrociati. Sono presenti tracce di sostanze carboniose e di noduli di ossidi sparsi su tutta la superficie. La porosità è abbondante sia nella parte centrale che nelle vicinanze del estremità della sezione, e da una forma stretta e allungata. Lo smagrante è ben sortito ed è composto da minerali dalla granulometria molto fine e soltanto alcuni minerali di grande dimensione. E' caratterizzato da una distribuzione granulometrica bimodale, angolare/sub-arrotondata, con una frazione più fina, in quantità maggiore, che arriva ai 400 μm , ed una più grossolana con cristalli che arrivano fino ai 900 μm .

La frazione più grossolana si presenta molto alterata e fratturata, con linee di frattura perpendicolari tra di loro. La composizione mineralogica dello smagrante è composta da quarzo, ossidi di ferro, plagioclasti alterati. Inoltre sono presenti minerali dalla struttura lamellare, forse diallagio, e orto pirosseni in tracce. Infine il rapporto legante smagrante è maggiore di uno.

Campione E(2). La matrice, isotropa, è di colore bruno scuro tendente al marrone ai margini della sezione. Il colore non cambia osservando il campione a polarizzatori incrociati o paralleli. Sono presenti tracce di sostanze carboniose e di noduli di ossidi sparsi su tutta la superficie. Il frammento è molto poroso con venature della forma stretta allungata e dalla forma semicircolare, specialmente nella parte centrale.

Lo scheletro, ben sortito, è caratterizzato da una granulometria dispersa, angolare/sub-arrotondata, con cristalli che arrivano fino ai 600 μm . Rispetto campione precedente la quantità di smagrante è nettamente inferiore, circa un terzo. Gli inclusi dalla granulometria più grossolana sono molto alterati e risulta difficile l'identificazione. In

superficie appaiono colori di interferenza arancioni-rosa-azzurro, probabilmente plagioclasio sussurrizzato. La maggior parte dello smagrante costituito da quarzo e plagioclasio. In tracce gli orto pirosseni e lamelle di diallagio. Rispetto al campione precedente cambia il rapporto legante smagrante. Nel campione E2 è presente una quantità di smagrante maggiore. Il rapporto legante smagrante è minore di uno.

Campione E1. Il campione presenta caratteristiche molto simili a quelli appena descritti. La matrice di colore scuro, è isotropa, e molto porosa. Il colore non cambia osservando il campione a polarizzatori incrociati o paralleli. Sono presenti tracce di sostanze carboniose; scarsi gli ossidi. La porosità è sotto forma di fessure strette e allungate come nelle due sezioni precedenti. Lo smagrante è caratterizzato da una granulometria dispersa, sub-angolare/sub-arrotondata, con cristalli che arrivano fino ai 750 μm .

Lo smagrante è costituito essenzialmente da piccoli frammenti di quarzo plagioclasio, da lamelle di diallagio della stessa dimensione e ortopirosseni. Inoltre tra i minerali di grossa dimensione si possono riconoscere plagioclasio alterati. Rispetto al campione E2 cambia il rapporto legante smagrante, diventando minore di uno. Il campione E1 presenta la stessa quantità di inclusi del campione E(2).

Campione E(1). Il campione presenta una matrice di colore rosso-bruno. Le colorazioni non cambiano se osservate a nichol paralleli o incrociati. Lo smagrante è caratterizzato da una granulometria dispersa, angolare/sub-arrotondata, con cristalli che arrivano fino ai 900 μm . I cristalli di dimensione maggiore presentano prevalentemente una forma angolare. In percentuale è in quantità maggiore la frazione più grossolana. La porosità è scarsa, se non assente. Lo smagrante è composto da grossi cristalli di plagioclasio alterati (sussurrizzato) e da alcuni cristalli di diallagio e orto pirosseno. Rispetto E1 la granulometria è molto più grossolana. Rispetto ai campioni E1, E2, si caratterizza per un basso rapporto legante/smagrante (minore di uno) e dalla granulometria grossolana rispetto a tutti gli altri.

GRUPPO DI IMPASTO PID (plagioclasti e diallagio)

GRUPPO PID: Campione C2,C(1),C, E(3), PC2,C1

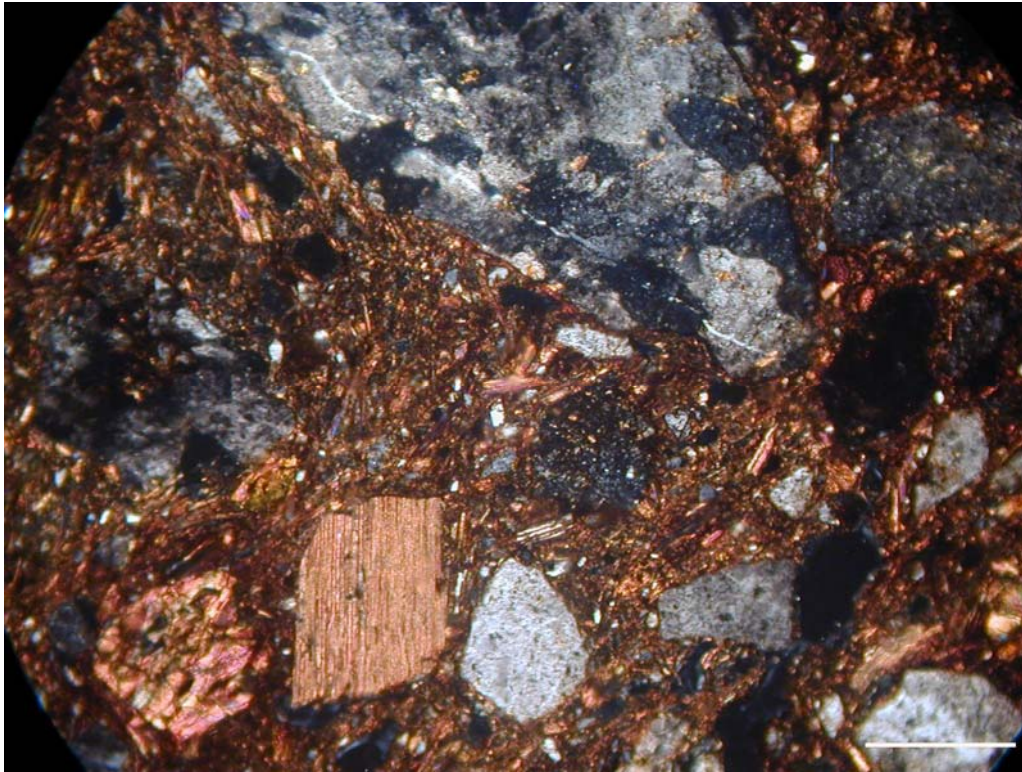


Figura 65: Figura campione PC2 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento bianco = 1mm)

Campione C2 (Figura 65). Il campione presenta una matrice anisotropa ed un legante composta da cristalli di plagioclasio, parzialmente alterato, e da cristalli di pirosseno, identificabile in base alle caratteristiche ottiche osservate al microscopio polarizzatore, in diallagio. Tracce di quarzo e lamelle di diallagio mescolato alla matrice. L'anima è di colore bruno mentre i margini presentano una colorazione variabile, generalmente dal marrone al rosso-marrone. Si nota la presenza di minerali opachi e ossidi dalla forma granulare. La porosità è di forma irregolare, prevalentemente sotto forma di venature, si concentra nella parte centrale della sezione. Lo scheletro presenta una distribuzione dispersa dello smagrante fino a 3 mm di forma sub-arrotondata ad angolare. La parte più grossolana è estremamente abbondante ed è Il rapporto legante smagrante è molto elevato, maggiore di uno. Si nota inoltre un'orientazione preferenziale secondo le pareti

del frammento sia della porosità che dello smagrante.

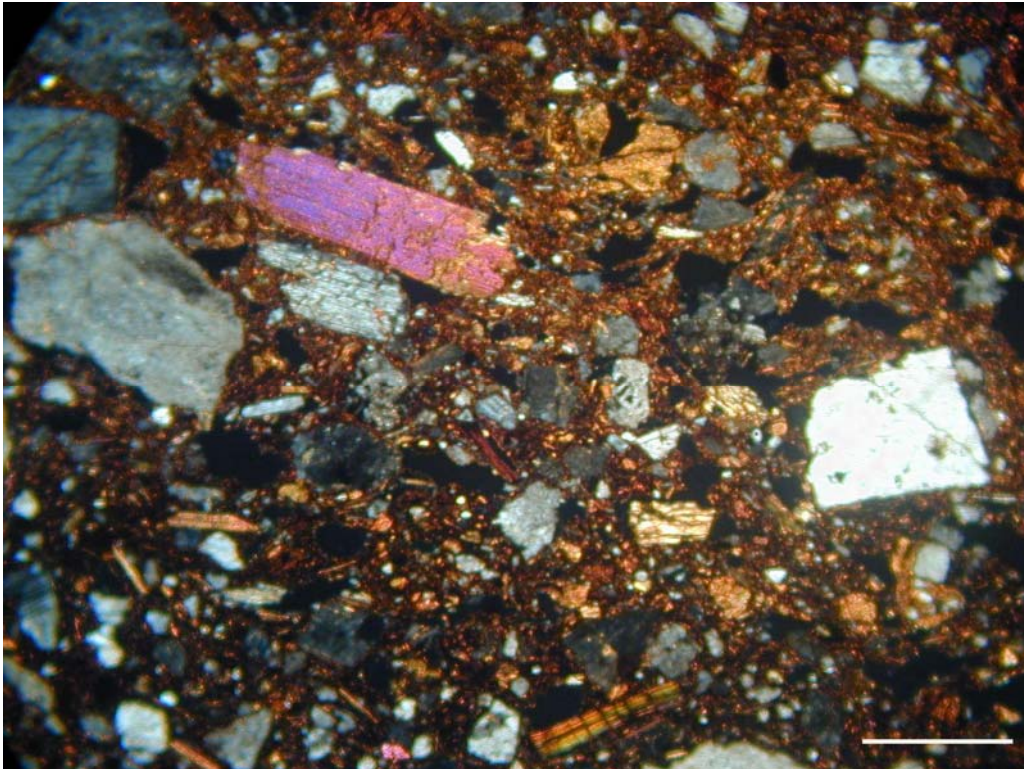


Figura 66: Figura campione PC3 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento bianco = 1mm)

Campione PC3 (Figura 66). Il campione presenta una matrice anisotropa di colore bruno-marrone sia a polarizzatori incrociati che paralleli. Si evince la presenza di minerali opachi dalla forma circolare. Al suo interno si nota prevalentemente la presenza di cristalli freschi di diallagio, alcuni parzialmente alterati e mescolati alla matrice. L'alta concentrazione di diallagio distingue questo campione dagli altri campioni appartenenti lo stesso gruppo. In quantità secondaria cristalli di plagioclasio, alcuni parzialmente alterati ed altri freschi. In minor misura cristalli di orto pirosseno. Tracce di quarzo nella matrice. Sono presenti inoltre frammenti di quarzo policristallino oltre frammenti di roccia gabbriaca. Lo smagrante presenta una distribuzione dispersa fino a 3 mm da forma sub-arrotondata ad angolare. Il campione si distingue per un'alta concentrazione di smagrante (maggiore di uno) e quindi per un alto rapporto legante/smagrante. La porosità a una forma irregolare prevalentemente sotto forma di venature, ma in alcuni casi di forma circolare. Infine sia la porosità che lo smagrante presentano orientazione preferenziale, parallelamente al margine della sezione. Uniformare al campione precedente

Campione C2. Il campione presenta una matrice di colore rosso omogenea, anisotropa, su tutta la superficie. La colorazione muta al solo polarizzatore diventando di colore marrone. Si evince la presenza di ossidi sottoforma di noduli circolari di colore rosso. La granulometria è dispersa, di forma sub-angolare/sub-arrotondata fino a 2,8 mm. I cristalli a granulometria minore sono costituiti da grani dalla forma sub-arrotondata e da lamelle angolari. I primi sono identificabili come quarzo (forse plagioclasti), i secondi, della forma stretta allungata di colore arancione sono probabilmente residui di diallagio. Ortopirosseni dalla forma sub arrotondata sono presenti in tracce. La frazioni granulometrica più grossa dell'ordine anche di qualche millimetro è costituita principalmente da diallagio alterato di colore arancio, plagioclasti alterati dall'aspetto torbido. Alto è il rapporto legante/smagrante. La porosità, elevata, è costituita da venature di forma stretta e allungata e si concentra specialmente nella parte centrale della sezione.

Campione C(1). Il campione costituito una matrice anisotropa, di colore bruno scuro nella parte centrale e tendente rosso verso superficie. Sono presenti ossidi di colore scuro tendente al bruno e residui carboniosi ed aggregati argillosi non amalgamati. Lo scheletro è costituito da una frazione grossolana dalla forma sub-arrotondato/sub-angolare con dimensioni che variano tra 800 μm e 2-3 mm , ed una frazione più fine di forma sub-arrotondata oltre la presenza di piccole lamelle di colore arancione dalla forma angolare. La dimensione della frazione più fine arriva fino a 600 μm . Sono inoltre presenti frammenti di roccia dalle dimensioni di qualche millimetro, probabilmente di origine gabbriaca. Il campione è composto da plagioclasti alterati come componente principale, cristalli di diallagio e ortopirosseni alterati, e quarzo appartenente alla frazione più fina. Nel complesso il campione presenta un alto rapporto legante/smagrante. La porosità, scarsa, è presente specialmente nella parte centrale della sezione ed è caratterizzato da una forma stretta allungata.

Campione C. Il campione C presenta le medesime caratteristiche composizionali del campione C(1). La matrice, anisotropa, è di colore bruno omogenea, tende al marrone verso la superficie. Si nota la presenza di ossidi e di residui carboniosi. Anche in questo caso il plagioclasio si presenta molto alterato con venature ossidate di colore rosso-bruno.

Sono presenti in buona quantità cristalli di diallagio, e quarzo nella frazione più fina. La granulometria è dispersa, di forma sub-angolare/sub-arrotondata fino a 2,8 mm. Nel complesso il campione presenta un alto rapporto legante/smagrante. La porosità, abbondante, si concentra indistintamente su tutta la superficie della sezione.

Campione E(3). Il campione presenta una matrice anisotropa ,di colore rosso-marrone. Sono ben visibili ossidi di colore scuro sparsi su tutta la superficie della sezione. Il campione, mal sortito, presenta una distribuzione bimodale con cristalli di grossa dimensione dalla forma angolare/sub angolare (800 μm e 2-3 mm), oltre ad una frazione più fine dalla forma sub-arrotondata (fino a 600 μm). In netta maggioranza è comunque la componente grossolana. Le principali componenti mineralogiche sono plagioclasio alterato di colore giallo-marrone, quarzo nella frazione più fine, diallagio parzialmente alterato e mescolato nella matrice, orto pirosseno, in tracce augite. Nel complesso il campione presenta un alto rapporto legante/smagrante. La porosità è presente nella parte centrale della sezione ed è caratterizzato da una forma stretta allungata, ma nel complesso non è abbondante

Variante gruppo PID: Campione C1



Figura67: Figura campione C1 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 63X (riferimento

bianco/nero = 200 μ m)

Campione C1 (Figura 67). il campione presenta una matrice anisotropa di colore rosso bruno e uno smagrante costituito da lamelle angolari di diallagio parzialmente alterato in tremolite e da inclusi granulari arrotondati/sub-arrotondati di plagioclasio spesso alterati e fratturati. La frazione granulometrica inferiore è composta essenzialmente da quarzo. La distribuzione granulometrica dello smagrante si presenta dispersa con dimensioni variabili tra 400 e 1500 μ m. Rari sono gli ossidi di ferro. La porosità è abbondante, ed è presente sottoforma di fessure di medie-grandi dimensione su tutta la sezione. I pori di dimensioni più grande si concentrano nella parte centrale della sezione. Il rapporto legante smagrante è maggiore di uno. Si evince una orientazione preferenziale degli elementi lamellari dello smagrante e della porosità parallelamente alle superfici della parete.

GRUPPO DI IMPASTO QSA (quarzo, sanidino e augite)

Campioni: F, F1, F2

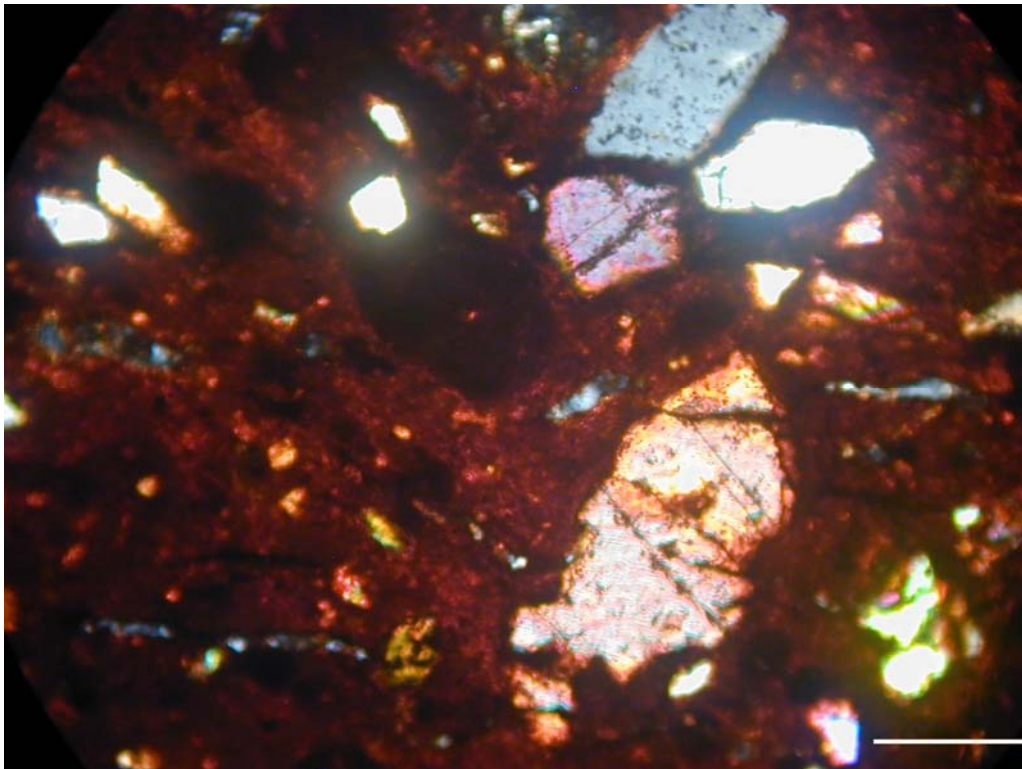


Figura 68: Figura campione F1 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento bianco = 1mm)

Campione F1 (Figura 68). La sezione presenta una matrice isotropa di colore rosso-bruno nella parte esterna e di colore nero in quella interna. Lo smagrante è costituito da pirosseni della serie egirina augite e sanidino nella frazione granulometrica più grossolana insieme a tracce di quarzo nella frazione granulometrica inferiore. Sono presenti una discreta quantità di minerali opachi dalla forma arrotondata. La distribuzione granulometrica dello smagrante è bimodale con la frazione granulometrica inferiore compresa entro 400 μm e quella superiore compresa tra 700 e 1200 μm . Anch'esso presenta un'orientazione preferenziale parallela alla superficie della parete. Anche in questo caso la matrice appare "compatta" e di conseguenza la porosità risulta essere bassa. La porosità osservata appare sporadicamente come nel campione F, ed è da una forma stretta e allungata, con un'orientazione preferenziale parallelamente alla parete. Il rapporto legante/smagrante può essere considerato uguale a uno

Campione F. Il campione presenta una matrice compatta, isotropa di colore rosso-bruno omogeneo su tutta la superficie. Le colorazioni non cambiano se osservate a nichol paralleli o incrociati. La composizione mineralogica dello scheletro è costituita da feldspati, pirosseni della serie aegirina augite, olivina, e quarzo, che probabilmente rappresenta la frazione granulometrica più fine e arrotondata mescolato alla matrice. La distribuzione dello smagrante è bimodale, di forma sub-angolare/arrotondata, con cristalli di piccole dimensioni a granulometria fino a 400 μm , e cristalli di grosse dimensioni dalla forma angolare con dimensione compresa tra 700 e 1200 μm . Anch'esso presenta un'orientazione preferenziale parallela alla superficie della parete. Il rapporto legante/smagrante può essere considerato uguale a uno. La poca porosità riscontrata appare sporadicamente su tutta la sezione, sebbene sia presente una maggior concentrazione nella parte centrale; presenta una forma stretta allungata con direzione preferenziale parallela alla parete.

Campione F2. Il campione presenta una matrice anisotropa con un'anima di colore bruno ed i margini di colore marrone. A polarizzatori incrociati l'anima permane di colore bruno mentre i margini assumono una colorazione rosso-marrone. Si nota la presenza di ossidi

sotto forma globulare e minerali opachi dalla forma globulare. Lo scheletro presenta una distribuzione dispersa dello smagrante fino a 3 mm di forma da sub-arrotondata ad angolare. La componente più fine, che si mescola alla matrice, è composta essenzialmente da granuli di quarzo dalla forma arrotondata/sub-arrotondata, da miche, biotite e tracce di allargio dalla forma angolare. I minerali più grossolani, dalla forma prevalentemente angolare, è composta essenzialmente da grossi cristalli di quarzo e da cristalli di plagioclasio, alcuni freschi ed altri parzialmente alterati. Si nota la presenza di frammenti di roccia ignea. Nel complesso il rapporto legante/smagrante è maggiore di uno. Infine sia la porosità che lo smagrante, presentano un'orientazione preferenziale, parallelamente al margine della sezione. La porosità presenta una forma irregolare, soprattutto sotto forma di venature dalla forma stretta e allungata, è distribuita uniformemente su tutta la superficie della sezione.

GRUPPO DI IMPASTO QPIC (quarzo, plagioclasio, calcite)

Campione: I

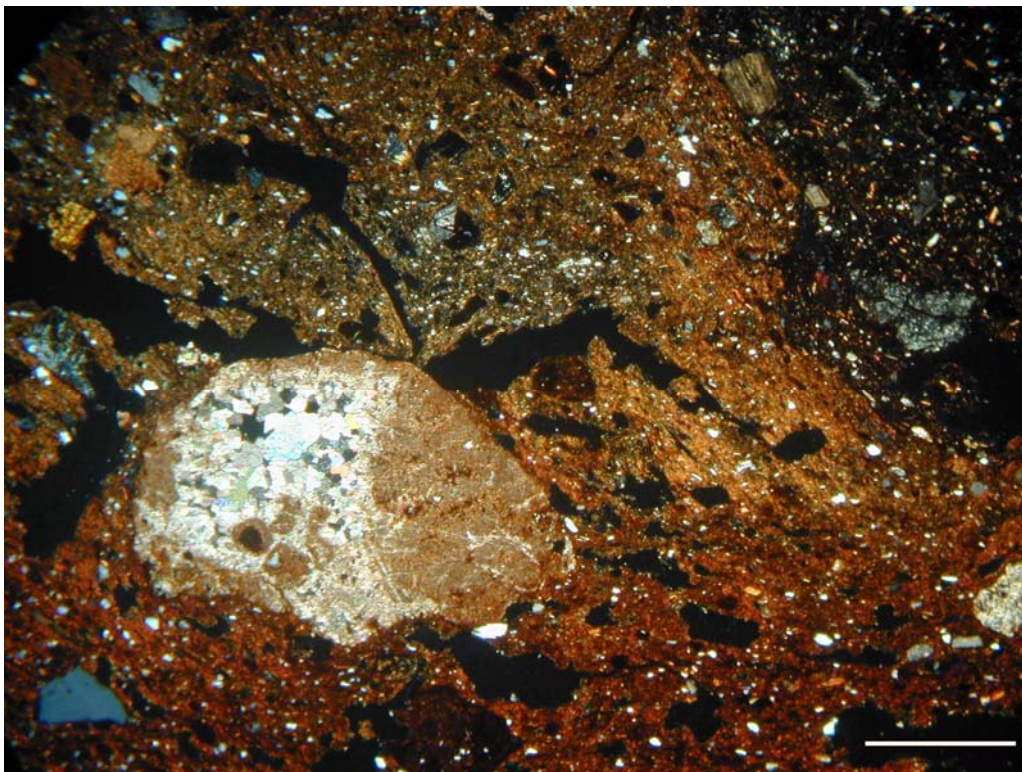


Figura 69: Figura campione I eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento bianco = 1mm)

Campione I (Figura 69). Il campione presenta una matrice anisotropa di colore marrone. Lo smagrante è costituito da piccoli inclusi di quarzo (fino a 400 μm) di forma sub-arrotondata /sub-angolare, e da lamelle di diallagio. La frazione granulometrica più grossolana, di forma angolare e sub-angolare e con dimensione compresa tra 600 μm e 2-3 mm, è costituito essenzialmente da plagioclasti con tracce di sanidino, quarzocalcite, diallagio e ortopirosseno. Il plagioclasti si presenta leggermente alterato. Si nota inoltre la presenza di frammenti di roccia costituita prevalentemente da frammenti di calcare micritico frammentati, siltite oltre ad alcuni frammenti di roccia gabbriaca e frammenti di ceramica (chamotte). Infine sia la componente lamellare dello smagrante che la porosità presentano l'orientamento preferenziale parallelamente alle pareti. La porosità ha una forma irregolare, prevalentemente si presenta sotto forma di venature più o meno strette e soltanto in alcuni casi e di forma circolare. La distribuzione granulometrica del smagrante è bimodale ed il rapporto legante smagrante è maggiore di uno.

7.3 Risultati XRD e FT-IR degli impasti

Con il fine di determinare la composizione mineralogica puntuale dei gruppi composizionali individuati dopo l'osservazione delle sezioni sottili al microscopio petrografico, sono state effettuate analisi diffrattometriche, con il metodo delle polveri, e indagini all'infrarosso (FT-IR), sia in trasmissione (attraverso la preparazione di pastiglie di KBr), che in riflessione attenuata (ATR). Questo ha lo scopo di confermare le osservazioni precedentemente effettuate in sezione, oltre che indicare le componenti maggiori e minori per ogni impasto. Quindi la possibilità di utilizzare, ed incrociare, più metodi analitici per identificare le fasi mineralogiche si è rilevato uno strumento molto utile per la caratterizzazione dei gruppi composizionali di impasto identificati. Le indagini sono state effettuate soltanto sui campioni considerati rappresentativi dei gruppi e sottogruppi composizionali individuati. Per i gruppi composizionali costituiti soltanto da un numero esiguo di frammenti non sono state condotte né indagini diffrattometriche, né indagini FT-IR, poiché per la caratterizzazione del gruppo composizionali ci si è basati soltanto sulla descrizione petrografica del campione preso in esame. Non tutti i campioni però sono stati studiati utilizzando gli stessi metodi analitici. Questo ha prodotto, per alcuni di essi, un set di dati diversi dalla maggioranza dei campioni analizzati. Infatti la

maggior parte dei frammenti ceramici è stata analizzata incrociando i dati ottenuti dall'osservazione al microscopio petrografico, al diffrattometro, e preparando pastiglie di KBr per analisi FT-IR in trasmissione. Alcuni, è il caso dei campioni D, E(1), E1, E2, E(2), sono stati analizzati incrociando i dati derivanti dall'osservazione della sezione sottile e da quelli ricavati mediante analisi FT-IR in trasmissione. Altri invece, è il caso dei campioni A, A1, A2, D1, eseguendo soltanto analisi all'infrarosso in riflessione attenuata (ATR) e caratterizzando la sezione sottile. Questo però non ha permesso di calcolare le concentrazioni dei componenti dell'impasto. Anche se l'utilizzo combinato della diffrazione ai raggi X e delle spettroscopia infrarossa con il metodo delle pastiglie di KBr, combinate allo studio petrografico, forniscono un maggior numero di informazioni per l'identificazione e la concentrazione di una fase mineralogica, si è potuto constatare che, in ogni caso, lo studio in sezione sottile abbinato ad analisi ATR ed in trasmissione sono comunque state sufficienti per determinare qualitativamente e quantitativamente le principali componenti dell'impasto. In ogni caso le indagini diffrattometriche, quando eseguite, sono state determinanti per evidenziare la presenza o meno di una fase mineralogica. In particolare le indagini ATR, combinate allo studio petrografico, hanno permesso di determinare soltanto le principali componenti dell'impasto.

In tabella 15 viene riportata una sintesi delle indagini svolte per ogni campione.

SIGLIA CAMPIONE	XRD	FT-IR	SEZIONE
A	NO	ATR	Si
A1	NO	ATR	Si
A2	NO	ATR	Si
B	Si	KBr+campione	Si
B1	Si	KBr+campione	Si
B2	Si	KBr+campione	Si
C	SI	KBr+campione	Si
C(1)	Si	KBr+campione	Si
C1	Si	KBr+campione	Si
C2	Si	KBr+campione	Si
B2(2)	Si	KBr+campione	Si
D	NO	KBr+campione	Si
D1	NO	ATR	Si
E(1)	NO	KBr+campione	Si
E(2)	Si	KBr+campione	Si
E(3)	Si	KBr+campione	Si
E1	NO	KBr+campione	Si
E2	NO	KBr+campione	Si
F	Si	KBr+campione	Si
F1	Si	KBr+campione	Si

G	Si	KBr+campione	Si
G1	NO	KBr+campione	Si
PD-	Si	KBr+campione	Si
PC2-	Si	KBr+campione	Si
PC3-	NO	KBr+campione	Si

Tabella 15: Sintesi delle indagini svolte nei frammenti ceramici campionati

7.3.1 Risultati XRD

Le analisi diffrattometriche hanno confermato la presenza delle fasi mineralogiche osservate alla microscopia petrografica. Nella maggior parte dei campioni sono presenti sia quarzo che plagioclasti (principalmente albite) in quantità variabile (Figura 70). Infatti la presenza di queste due componenti varia nei diversi. In alcuni di essi la componente principale è il quarzo seguita dal plagioclasto (campioni B, B1, B2, B2(2), G), in altri invece la proporzione delle due componenti è invertita, presentando una maggior quantità di plagioclasto rispetto al quarzo (campione PD1). Questo ha permesso di dividere il gruppo composizionale QPI in due sottogruppi a seconda della concentrazione relativa dei due componenti (QPI, PIQ).

Il gruppo QSA, come dalle osservazioni petrografica, si caratterizza per la presenza di augite, sanidino, quarzo ed in minor misura da diopside. Sono state rilevate inoltre una serie di fasi mineralogiche accessorie presenti in quantità minime come pirosseni, anfiboli, carbonati, miche. I pirosseni e gli anfiboli sono in special modo presenti in quei campioni che contengono un elevato tenore di plagioclasti rispetto al quarzo. E' il caso del gruppo PID (campioni C1, C(1), E(3), C, C2, PC2). Il gruppo QSA si diversifica dai precedenti per la presenza di pirosseni, augite, sanidino e quarzo. Inoltre in diversi campioni si riscontra la presenza di minerali argillosi come vermiculite, illite, montmorillonite e clorite. Da una prima osservazione della tabella si può osservare inoltre come nei campioni ad elevato contenuto di quarzo compaiano anche tracce di illite (campioni B, B2 e G). Nei campioni invece dove il plagioclasto è la componente principale, con quarzo e pirosseni e anfiboli come componenti secondarie, sono invece presenti tracce di vermiculite, clorite e montmorillonite. Ciò potrebbe fornire utili indicazioni sulla fonte di approvvigionamento della materia prima sulla preparazione degli impasti ceramici. Di seguito, in tabella 16, vengono riportati i risultati delle indagini svolte.

Campione	Q	Pl	Kf	Di	Au	Tr	C	Clen	Mc	Ac	Ill	Vr	Mn	Cl
B	xxxx	xx							x		x		x	
B1	xxxx	xxx												
B2	xxxx	xxx		x										
C	xx	xxxx		xxx		x								x
C(1)	xx	xxxx		xxx		x	x					x		x
C1	xx	xxxx		xxx		x	x					x		x
C2	xx	xxxx		xx		x								
PC2	xx	xxxx		xxx		x						x		
B2(2)	xxxx	xx					x			x	x			
PD1	xx	xxxx				x	x							
E (2)	xxxx	xx		x		x	xx							
E(3)	xx	xxxx		xx		x						x		x
F	xx		xxxx	x	xxx x			x			x			
F1	xxx		xxx	x	xxx									
G	xxxx	xx									x			

Tabella 16: Minerali identificati nel sito archeologico di Via Neruda, mediante diffrattometria. Q = quarzo; Pl = plagioclasio; Kf = feldspato potassico; Au = augite; Di = diallagio; Tr = tremolite; C = carbonato di calcio; Clen = clinoenstatite; Ac = actinolite; Mc = miche; Ill = illite; Vr = vermiculite; Mn = montmorillonite; Cl = Clorite; xxxx = molto abbondante; xxx = abbondante; xx = scarso; x = in tracce

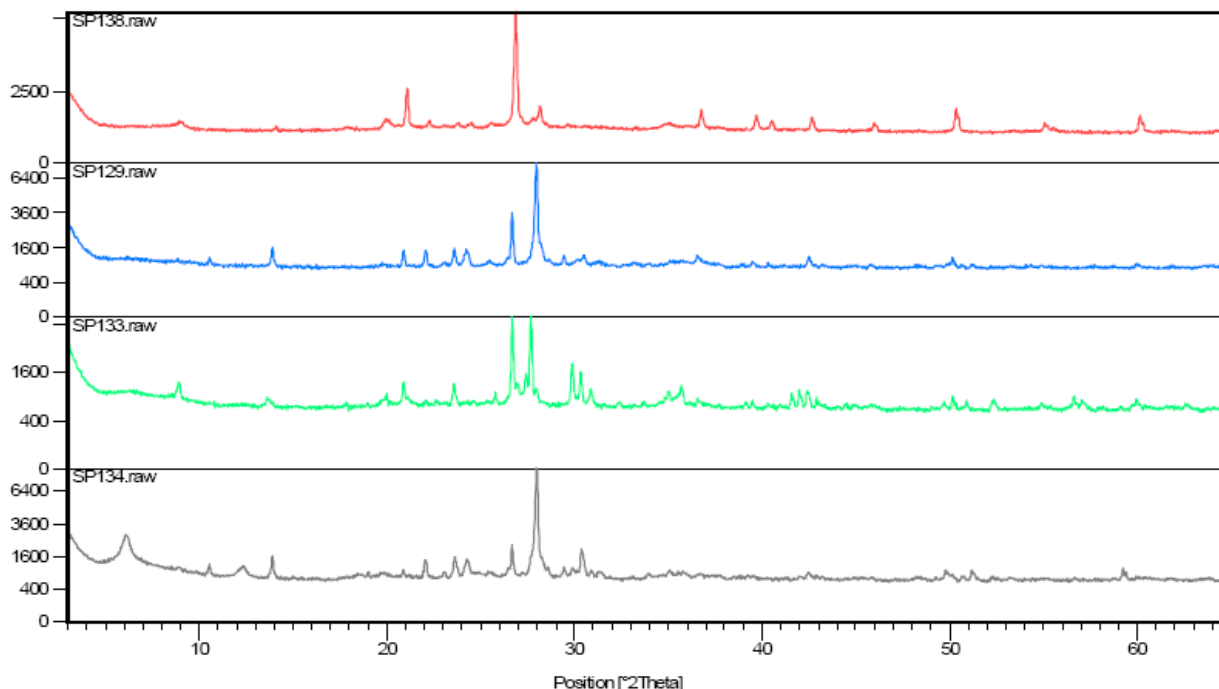


Figura 70: Diffrattogrammi dei quattro gruppi composizionali individuati dalle indagini in diffrattometria X. In rosso campione G, gruppo QPl; in blu campione PD, gruppo PIQ; In verde campione F, gruppo QSA; in grigio campione C, gruppo PID

7.3.2 Risultati FT-IR

Le indagini FT-IR hanno rilevato le principali componenti mineralogiche dei frammenti ceramici. Gli spettri, una volta acquisiti, sono stati interpretati comparando le principali bande di assorbimento con la bibliografia disponibile (Farmer 1974, Di Benedetto et al 2002) e confrontando i campioni con il database di riferimento appartenente al laboratorio di Spettroscopia Infrarossa del Museo di Storia Naturale di Parigi. In tabella 17 vengono riportate le principali bande di assorbimento delle componenti mineralogiche individuate all'interno dei campioni.

Minerale	Bande di assorbimento (cm ⁻¹)	Bibliografia
Sanidino	1112-1029-775-640-588-548-428	Database MNHN
Quarzo	1172-798-778-693-512-478-460	Database MNHN
Albite	1150-1096-1035-995-786-760-744-650-594-536	Database MNHN
Calcite	1420-1430-877-712	Farmer 1974
Smect.-Mont.	3624-3420-1630-1030-1026-915-845-835-522-467	Van der Merel 1976
Illite	3643-3622-1630-1022-912-875-830-752-692-561-523-475	Database MNHN

Tabella 17: Principali bande di assorbimento dei minerali identificati all'interno dei campioni

Sebbene tutti i silicati tetracoordinati presentano una banda di assorbimento caratteristica compresa tra 1000 e 1100 cm⁻¹ (Florich e Badou 2002) dovuta a moti vibrazionali di valenza del silicio con l'ossigeno (Si-O), l'identificazione delle fasi mineralogiche come quarzo, albite e sanidino è stata possibile individuando le bande caratteristiche posizionate a frequenze più basse comprese tra 900 e 400 cm⁻¹. (Tabella 1). Lo stesso vale per la calcite, la quale non si sovrappone con nessuna delle precedenti. Quarzo, albite calcite e sanidino presentano delle bande di assorbimento ben definite e difficilmente confondibili, specialmente in seguito alla loro alta concentrazione. Al contrario i fillosilicati, in particolar modo illite e montmorillonite, presentano delle bande di assorbimento abbastanza simili tra 3700 e 3500 cm⁻¹, che corrisponde ai moti vibrazionali del gruppo OH nello strato ottaedrico. Questo ha permesso di rilevare la presenza di minerali argillosi, in quantità molto labile, non completamente scoparsi in seguito alla cottura. Purtroppo però questo non ha permesso il riconoscimento del minerale argilloso. Al contrario in questo caso le analisi hanno permesso di suddividere i campioni in tre gruppi principali e non in quattro. Non è stato possibile infatti identificare tutte le specie mineralogiche rilevate all'osservazione delle sezioni sottili e dalle indagini diffrattometriche. In particolar modo

pirosseni e anfiboli, presenti nel gruppo composizionale PID. Nel primo gruppo, composto dai campioni, C, C1, C(1), C2, E(3), PC2, PC3, PD e D, l'albite è la componente principale, il quarzo è presente in quantità secondaria. La situazione si inverte per i campioni B, B1, B2, B2(2), E(1), E(2), E2, E1, G e G1. In questo caso il quarzo è la componente principale seguita dall'albite. Un gruppo nella quale il quarzo è la componente maggiore rispetto all'albite. Ed un terzo gruppo nella quale l'albite non è presente ma compaiono tracce di K-feldspati in tracce e quarzo. Per i campioni A, A1, A2 e D1 la stima delle due componenti non è stata possibile. Questo è dovuto al fatto che i campioni sono stati analizzati con il metodo ATR, tecnica che non prevede una preparazione standard del campione e che quindi non ha reso possibile il suo confronto con il database di riferimento, costituito da campioni standard in pastiglie a base di KBr. Si segnala però soltanto la presenza di quarzo e plagioclasti con tracce di minerali argillosi. La concentrazione dei principali componenti è stata possibile grazie al confronto delle principali bande di assorbimento, di campioni puri al 100% che fanno parte del database di riferimento del Laboratorio di Spettroscopia Infrarossa del Museo di Storia Naturale di Parigi, seguendo la procedura descritta nel capitolo materiali e metodi. Di seguito in tabella 18 vengono riportati i dati con le relative concentrazioni dei componenti individuati.

Campione	Fasi mineralogiche				
	Albite	Quarzo	Calcite	K-Feld	Min arg-res
A	X	X			Tr
A1	X	X			Tr
A2	X	X			Tr
B	<2	10,3	Tr		Tr
B1	9,9	11,12	Tr		Tr
B2	3,4	7,7	Tr		Tr
C	13,5	<2			Tr
C(1)	10,5	3,5	<2		Tr
C1	27	<2	Tr		Tr
C2	18,12	2,3	Tr		Tr
D	12,3	6,2	Tr		Tr
B2(2)	9,65	18,5	2,5		Tr
D1	X	X			Tr
E(1)	3	12,3	Tr		Tr
E(2)	<2	29,6	3,5		Tr

E(3)	16,5	8,8	Tr		Tr
E1	<2	11,14	Tr		Tr
E2	3,5	9,5	2,15		Tr
F	0	3,8		Tr	Tr
F1	0	5,4		Tr	Tr
G	4,6	20	<2		Tr
G1	<2	15,5	Tr		Tr
PC2	6,6	<2	Tr		Tr
PC3	6,7	<2	Tr		Tr
PD	18	8	Tr		Tr

Tabella 18: tabella riassuntiva delle principali fasi mineralogiche identificate mediante analisi FT-IR in trasmissione ed in riflessione attenuata. I campioni analizzati in riflessione in riflessione attenuata (ATR) sono evidenziati da una casella di colore blu. (X= presenza del minerale; Tr = tracce) . I valori sono espressi in %.

7.4 Campionamento e studio della materia prima

Con il fine di verificare l'areale di provenienza della materia prima utilizzata per la realizzazione dei gruppi composizionali di impasto individuati, è stato effettuato un sopralluogo presso il complesso ofiolitico del Monte Ferrato, situato in località Figline di Prato, a circa 25 Km da Sesto Fiorentino, dove è ubicato il sito archeologico. Sono stati prelevati 3 campioni di materiale di origine gabbriaca a diverso grado di alterazione. Il complesso ofiolitico del Monte Ferrato è composto essenzialmente da serpentinite, gabbro e diabase. In particolare il gabbro è interessato da una forte alterazione superficiale, da un'elevata variabilità della grana e dei rapporti quantitativi tra i diversi componenti oltre che da notevoli deformazioni meccaniche dovute all'attività tettonica dell'area (Capacci 1881). Dallo studio petrografico (Capedri 1966) le rocce gabbriche sono di tre tipi:

- ☞ gabbri ad olivina: roccia a grana fine e prevalente plagioclasio con diallagio frequentemente interessato da mescolamenti in pirosseno rombico. Olivina in quantità minore e alterata in serpentino, clorite e minerali argillosi;
- ☞ gabbri a diallagio: privi di olivina, con diallagio poco alterato e con plagioclasti in cristalli freschi ed in quantità subordinata rispetto al pirosseno;
- ☞ gabbri: roccia interessata da forte variabilità composizionale e strutturale. Le componenti principali sono il diallagio, spesso alterato in anfibolo della serie

tremolite-ferroactinolite, il plagioclasio basico ed acido (quest'ultimo caratterizzato da inclusioni di sericite ed epidoto), spesso fratturato in piccoli frammenti e cementati da minerali di neoformazione in aggregati a mosaico.

Il primo campione (MF1) è stato raccolto in corrispondenza della parte disgregata superficiale. Si tratta di un livello detritico granulare con dimensioni medie dei grani di 5mm ed è privo di matrice. Parte degli elementi detritici presentano , colore bianco-bruno, forma sub-angolare/sub-arrotondata e parte di colore verde-bruno, con abito lamellare, aspetto lucente e di forma angolare/sub-angolare (Figura 71).

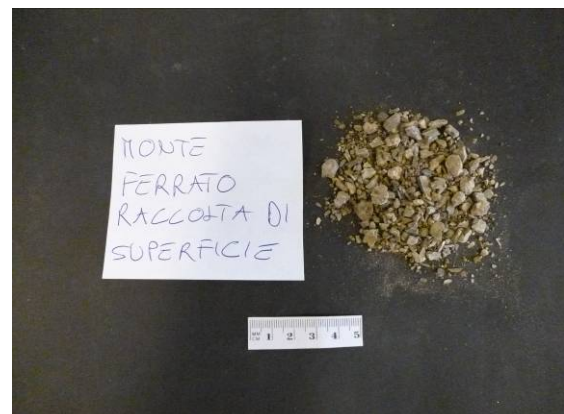


Figura 71: Campione di sedimento MF1

Il secondo campione, MF3 (Figura 72), è stato raccolto in un punto dove la roccia si presentava completamente alterata. La roccia ormai ha perso completamente la sua struttura originaria. Ne rimane soltanto un sedimento privo di matrice, dalla forma granulare, di colore marrone-bianco e dalla forma sub-angolare/sub-arrotondata. La dimensione dei grani varia attorno ai 5 mm. Di piccolissima dimensione sono i cristalli con morfologia lamellare, a volte non distinguibili.

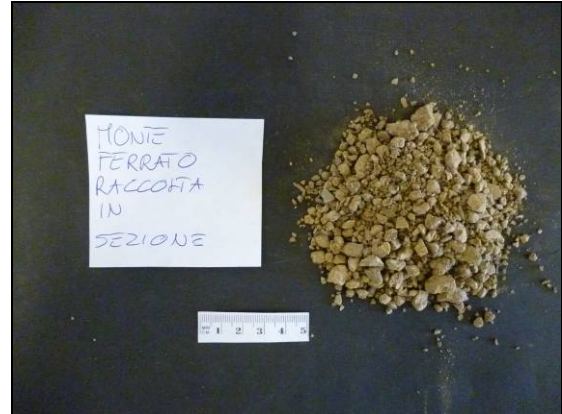


Figura 72: Campione MF3

Infine il terzo campione, MF2 (Figura 73), è costituito da roccia gabbrica, parzialmente alterata e ricoperta da incrostazioni calcaree. Si presenta con una colorazione che varia dal bianco al verde violaceo. Si riconoscono plagioclasti e grossi cristalli di diallagio.



Figura 73: Campione di sedimento MF2

Lo studio petrografico delle tre sezioni ha generalmente rilevato la presenza di due componenti principali. Il plagioclasio ed il diallagio (Figura 75). Il plagioclasio è presente in quantità nettamente maggiore rispetto al diallagio, e si presenta quasi sempre altamente fratturato ed alterato in sericite. I cristalli di diallagio, dal colore verde-bruno, hanno uno stato di alterazione diversa. In molti caso è parzialmente alterati in pirosseno rombico con venature di pirosseno augitico ai margini (Figura 74) Il suo stato di alterazione ha reso in certi casi difficile il riconoscimento della sua tipica partitura (Figura 74). Inoltre la presenza e la granulometria del diallagio, diminuisce in base allo stato di alterazione del campione.

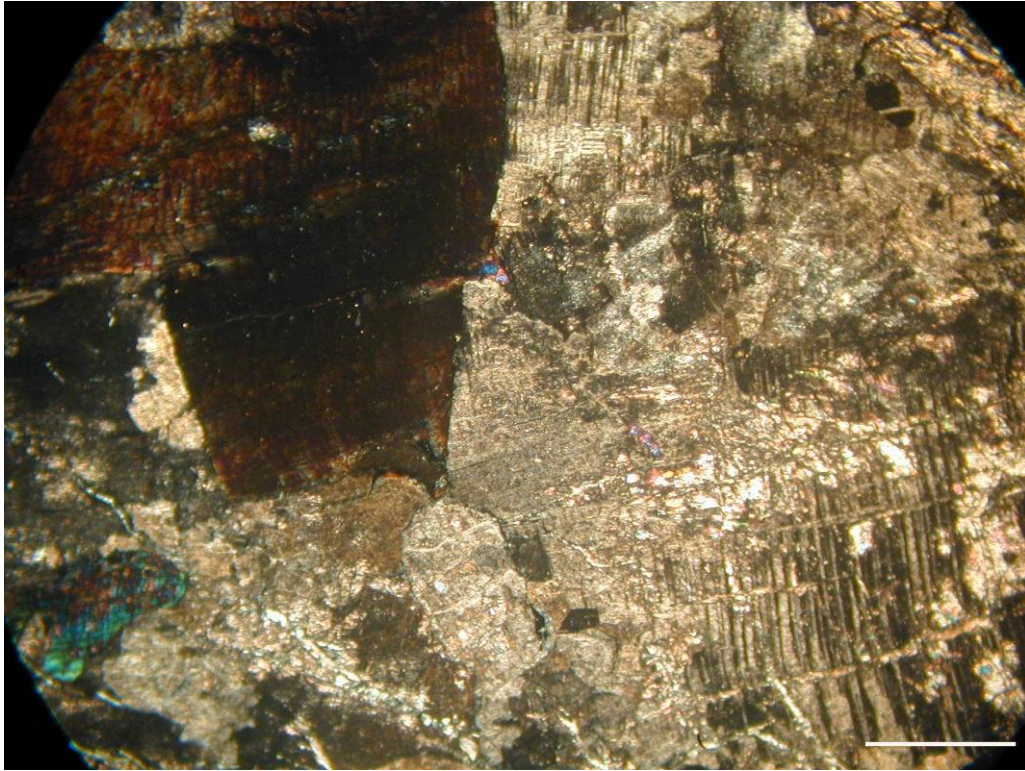


Figura 74: Campione MF2; cristalli di plagioclasio altamente deformati e dal colore torbido e un cristallo di diallagio alterato sul margine alto a sinistra. Figura 25X. Riferimento metrico = 1mm

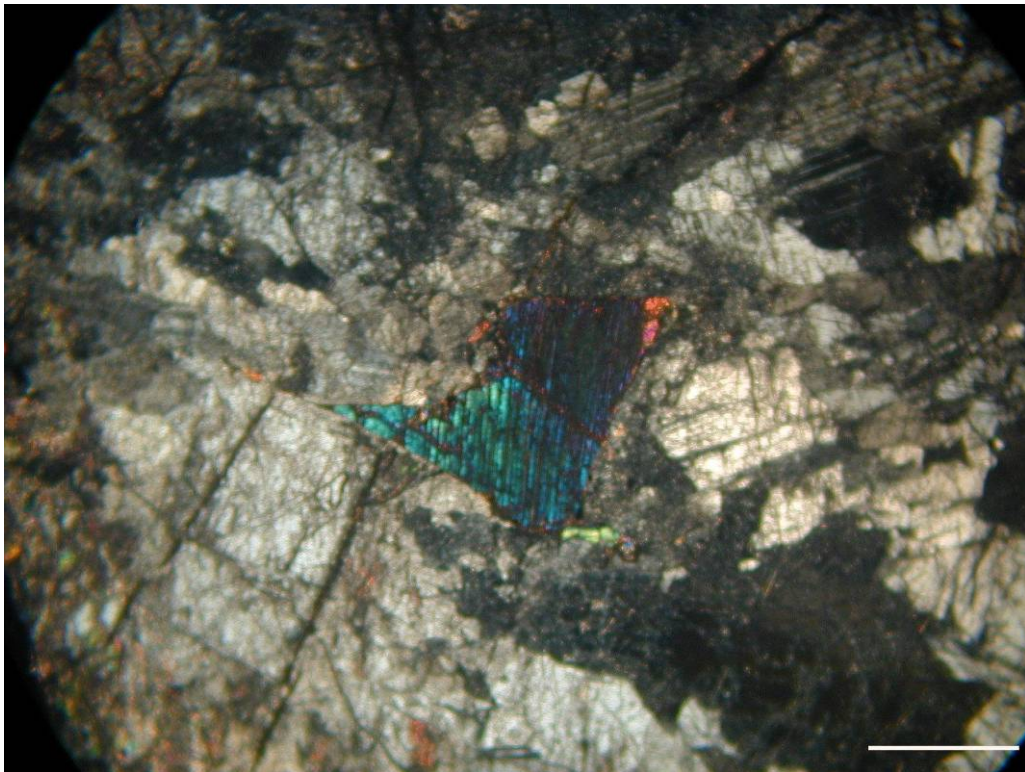


Figura : Campione MF2; cristalli di plagioclasio altamente deformati e fratturati ed un cristallo di diallagio alterato con venature di pirosseno augitico ai margini. Figura 25X. Riferimento bianco = 1mm

grossi minerali di plagioclasio e diallagio, talvolta frammisti a orto pirosseni (Capedri 1966). I campioni di sedimento che abbiamo prelevato in sezione sottile ci danno un'indicazione di appartenenza dei frammenti ritrovati nelle ceramiche di questo tipo litologico. I cristalli che caratterizzano il gabbro sono molto grossi. Si suppone che all'argilla sia stato aggiunto un materiale pre-trattato.

Dalle analisi svolte in spettroscopia infrarossa si è riscontrata la presenza di albite e clorite. La clorite (Figura 75) è stata riconosciuta grazie alla presenza della bande di assorbimento presenti a 3656, 3480, 742 e 646 cm^{-1} (Van der Merel 1976).

Inoltre la bande di assorbimento della clorite diventano sempre più intense a seconda del grado di alterazione del campione. Il campione MF2 è costituito prevalentemente da albite; mentre il campione MF3 presenta una forte concentrazione di clorite ed in quantità subordinata albite. Questo si può notare anche dal cambiamento di profilo dello spettro tra 900 e 500 cm^{-1} .

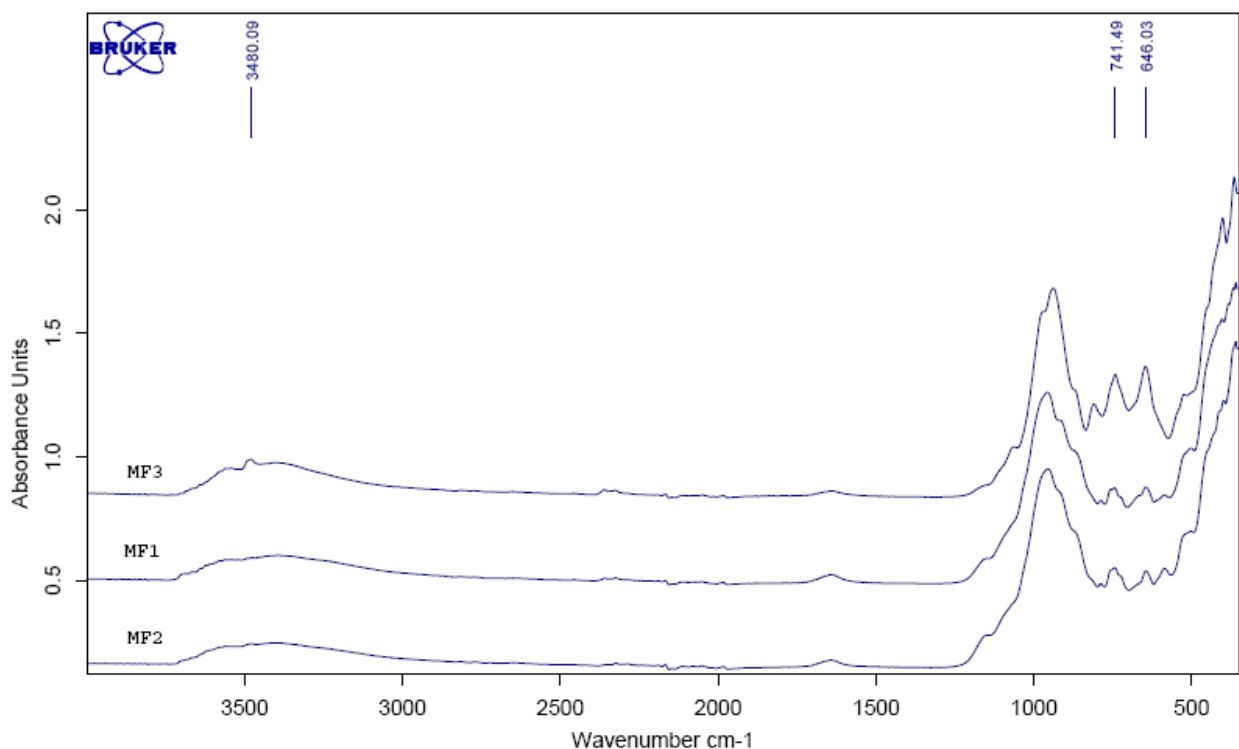


Figura 75: Grafici IR relativi ai campioni di materi prima prelevati presso il Monte Ferrato

7.5 Esperimenti termici

Successivamente alla formazione dei gruppi composizionali e alla loro caratterizzazione mediante diffrattometria e IR si è deciso di sottoporre a ciclo di cottura i campioni B2(2), B, PC2 e PD. I primi due rappresentano quei campioni, del gruppo composizionali QPl, composti essenzialmente da quarzo ed in minor misura da plagioclasti. Il campione PD1, fa parte anch'esso del gruppo QPl, soltanto che presenta una quantità di plagioclasti superiore rispetto al quarzo. Il campione PC2 invece fa parte del gruppo composizionale PID. I primi due campioni rappresentano un numero abbastanza esiguo di frammenti all'interno del complesso, mentre i campioni PC2 e PD fanno parte dei due gruppi composizionali con il maggior numero di frammenti. Questo ci ha portato ad ipotizzare che il ceramista selezionasse la materia prima per creare un oggetto delle caratteristiche tecniche specifiche, perciò si è deciso di verificare il comportamento termico delle fasi mineralogiche in seguito ad un riscaldamento prolungato. Inoltre, constata la presenza di minerali sarà possibile trarre informazioni sulla temperatura di cottura del materiale ceramico.

I campioni sono stati sottoposti a due cicli di cottura. Il primo alla temperatura di 700 °C, mentre il secondo a 900 °C, per una durata di due ore ciascuno. Preventivamente alla cottura i campioni sono stati analizzati al rifrattometro e mediante spettroscopia infrarossa ATR. Per ogni step sono stati acquisiti nuovamente gli spettri ATR. Soltanto per i campioni cotti a 900 °C è stata eseguita una seconda diffrazione. La composizione dei campioni è riassunta in tabella 19-20-21.

CAMPIONE	XRD	FT-IR
B2(2)	Q, Pl, C, Ac, Ill	Quarzo, albite, calcite, min. argil. (Il-Sm)
B	Q, Pl, Mc, Ill, Mn	Quarzo, albite, T.calcite, min. argil. (Il-Sm)
PC2	Q, Pl, Di, Tr, Vr	Quarzo, albite, T.calcite, min. argil. (Il-Sm)
PD1	Q, Pl, C, Tr	Quarzo, albite, T.calcite, min. argil.

Tabella 19: tabella riassuntiva dei principali componenti mineralogici dei campioni sottoposti a trattamento termico.

CAMPIONE	FT-IR
B2(2)	Quarzo, albite
B	Quarzo, albite
PC2	Quarzo, albite
PD1	Quarzo, albite

Tabella 20: Tabella riassuntiva dei principali componenti mineralogici dei campioni cotti a 700 °C

CAMPIONE	XRD	FT-IR
B2(2)	Q, Pl, Ac	Quarzo, albite
B	Q, Pl	Quarzo, albite
PC2	Q, Pl, Di, Tr	Quarzo, albite
PD1	Q, Pl, FeAc	Quarzo, albite

Tabella 21: Tabella riassuntiva dei principali componenti mineralogici dei campioni cotti a 900 °C

Gli esperimenti termici condotti sui 4 campioni hanno prodotto dei risultati abbastanza simili. Le componenti maggiori dell'impasto, vale a dire quarzo, plagioclasti, pirosseni ed anfiboli si sono mantenuti stabili, mentre i fillosilicati residui ed i carbonati sono scomparsi tra 700 e 900 °C. Di seguito (Figura 76-77) viene riportato una sintesi dell'esperimento di cottura effettuato sul campione B2(2) e sul campione PC2. I dati dei campioni PD, e B vengono riportati in tabella. La differenza tra i campioni PC2 e B2(2) sta nella concentrazione di quarzo e albite. Il campione PC2 presenta una maggiore concentrazione di albite. Il campione B2(2) il contrario. Entrambi presentano tracce labili di minerali argillosi, identificati come illite e vermiculite dalla indagini XRD. Per il campione B2(2) la calcite è stata identificata sia in diffrattometria che all'FT-IR; nel campione PC2 è stata riconosciuta soltanto all'infrarosso. A conferma della scarsa concentrazione di questa componente.

Come si può ben notare la banda dei minerali argillosi presente tra 3700 e 3400 cm⁻¹, dovuta a moti molecolari del gruppo OH, diminuisce di intensità mano a mano che la temperatura di cottura aumenta, fino a scomparire a 900°C. Lo stesso vale per la calcite (bande di assorbimento 1430-877-712 cm⁻¹) che si decompone per effetto termico secondo la reazione: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. Nessun minerale di neoformazione è stato però riscontrato dalle analisi XRD e FT-IR in seguito alla scomparsa di questo componente, visto la sua concentrazioni veramente esigua. Molto probabilmente si è disperso sotto

forma di ossido amorfo nella matrice. L'effetto della temperatura inoltre si traduce in uno spostamento della banda di assorbimento riferibile al gruppo SiO_4 (Farmer 1974), che si sposta verso frequenze più alte in seguito alla formazione di materiale amorfo durante la cottura. Lo spostamento è estremamente evidente tra 700 e 900 °C. La bibliografici indica che la montmorillonite scompare per temperature superiori a 800 °C (Grim e Kulbicki 1961, Maggetti 1994); l'illite permane fino a 850 °C (Maritan 2006); la vermiculite anch'essa scompare per temperature superiori agli 850-900 °C (Caillère et al 1988). La calcite scompare per temperature superiori a 850°C (Artioli 2010, Maggetti 1994, Maritan 2006).

Il segnale IR relativo ai moti molecolari del gruppo OH nei minerali argillosi non appare definito, questo non ha reso impossibile il loro riconoscimento. Anche all'osservazione del diffrattogramma i picchi relativi ai due minerali argillosi a bassi 2θ (14,4 per la vermiculite e a 9,90 per l'illite) appaiono allargati e non molto intensi. Ciò lascia intendere che i minerali argillosi durante la cottura dei manufatti non erano del tutto scomparsi. L'ampiezza della banda di assorbimento nella regione OH riscontrata all'IR è molto probabilmente dovuta all'umidità assorbita dal campione con il passare del tempo, oppure alla presenza di una scarsa quantità minerali argillosi penetrati all'interno del campione per porosità, il quale può indurre ad una errata interpretazione della reale temperatura di cottura. Inoltre non avendo riscontrato in sezioni sottili la presenza di calcite, ed essendo presente in quantità piuttosto labili sia all'IR che all'XRD, si ritiene che sia di origine secondaria causata da infiltrazioni di acqua ricche di CaO, oppure da processi di ricarbonatazione del CaO presente nel campione. Le osservazioni al microscopio petrografico confermano quanto detto. Di conseguenza si ipotizza una temperatura che la temperatura di cottura dei manufatti ceramici si aggiri attorno ai 750-850 °C. Temperatura alla quale la struttura dei minerali argillosi identificati non è ancora del tutto scomparsa in seguito alla cottura del manufatto e permangono soltanto le tracce dei minerali suddetti. Probabilmente a causa della durata non sufficiente della cottura o per il non raggiungimento della temperatura necessaria. Per concludere le principali componenti dello smagante non subiscono nessun tipo di trasformazione dovuta all'effetto termico. Ciò indica che sia per il campione appartenente all'impasto PID, che per i campione appartenenti ai gruppi di impasto QPI e PIQ delle buone caratteristiche refrattarie.

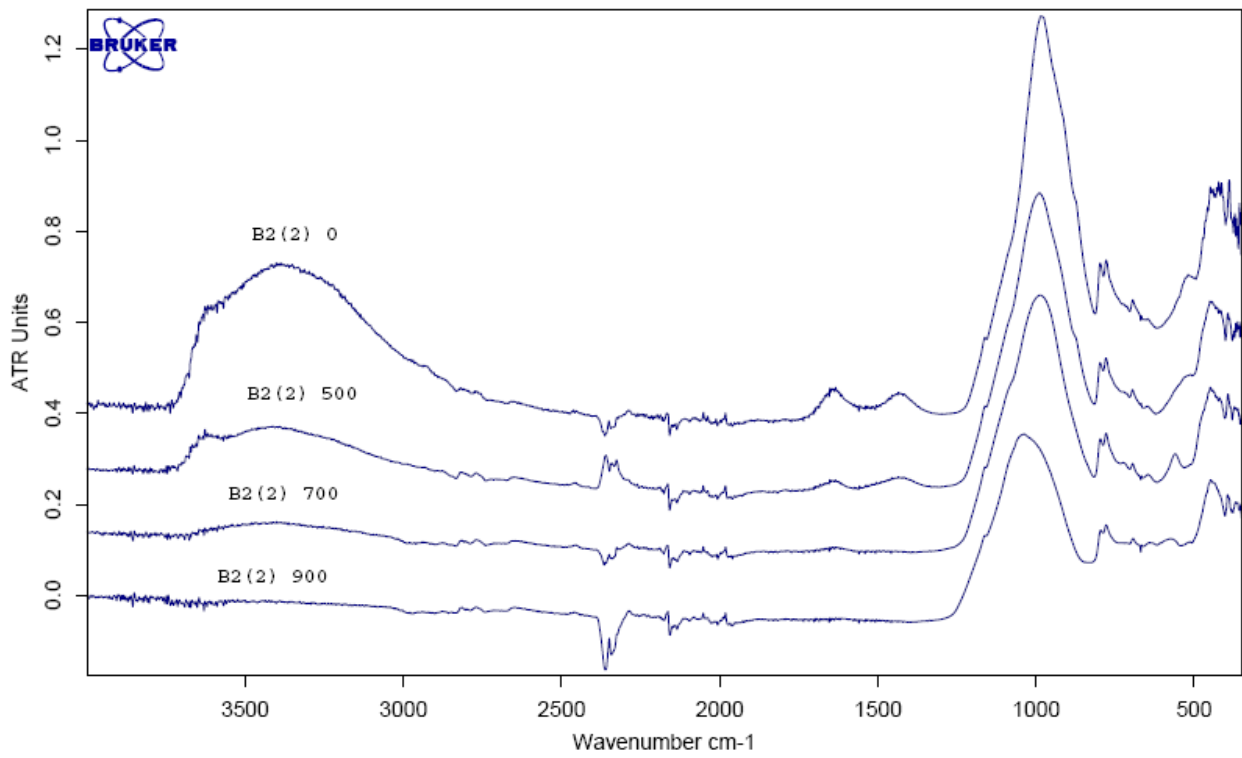


Figura 76: spettri IR del campione B2(2) cotto alle temperature di 500-700-900 °C per due ore

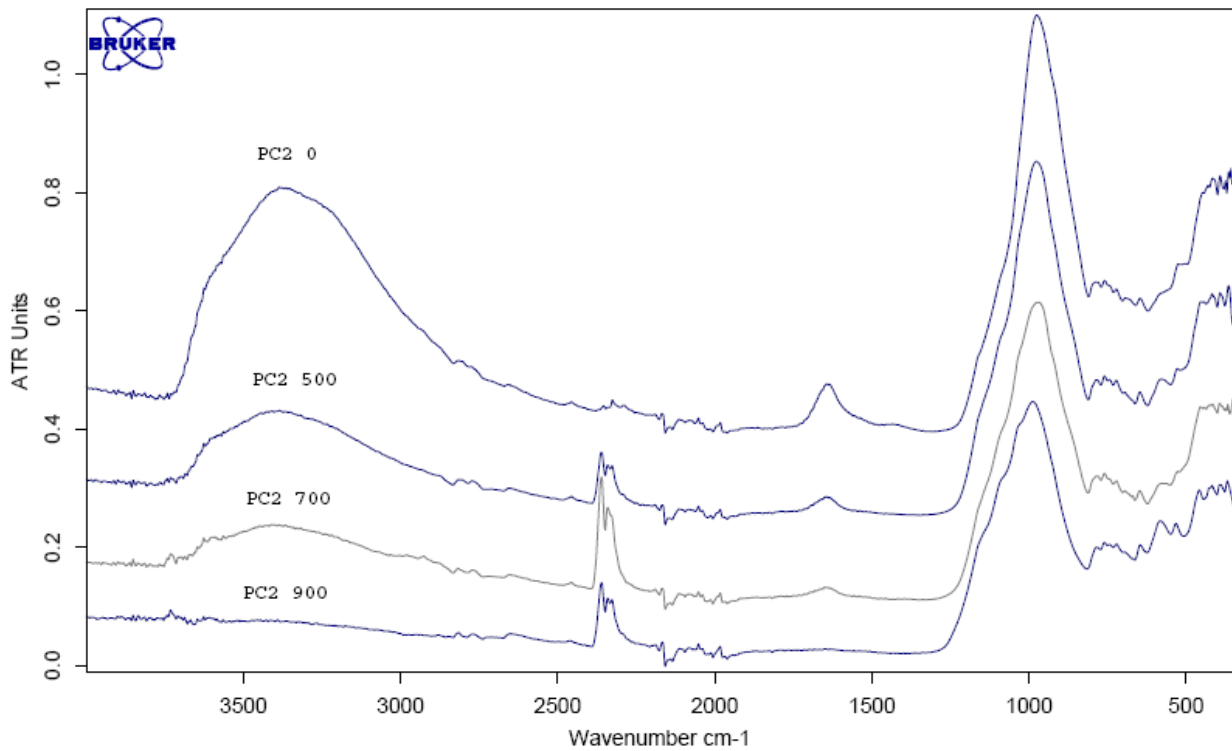


Figura 77: spettri IR del campione PC2 cotto alle temperature di 500-700-900 °C per due ore

PARTE IV

Discussione dei risultati

8 Discussione

Lo studio al microscopio ottico dei reperti ceramici provenienti da sito archeologico di Via Neruda, Sesto Fiorentino, ha reso possibile un accurata caratterizzazione dell'intero complesso fittile. La suddivisione del materiale in base alle caratteristiche macroscopiche dei campioni (caratteristiche della superficie, presenza di decorazione, colore delle superfici, colore in sezione, tipo di frattura) e degli inclusi presenti (densità, granulometria, forma, abito, colore, orientazione) su piattaforma Microsoft Access (Chelini et al 2006), sebbene non dia indicazioni a livello "composizionale" dei minerali osservati, ha reso possibile la formazione di 8 gruppi di impasto (AB,C,D,E,F,G,H,I), con i relativi sottogruppi. I sottogruppi sono costituiti dallo stesso tipo di inclusi e differiscono dal gruppo principale per lo spessore, per le caratteristiche della superficie o per la presenza di un incluso diverso ma in quantità subordinata rispetto alle componenti principali. Questo ha permesso di ottenere una serie di informazioni di tipo tecnologico sullo sfruttamento delle materie prime disponibili nel territorio, sulla preparazione dell'impasto e sulla frequenza di ogni tipo di impasto individuato nei diversi livelli archeologici. Il materiale ceramico non è distribuito uniformemente all'interno dei livelli F e G (ed i loro sotto orizzonti), come evidenziato nei capitoli relativi alla descrizione del materiale. La concentrazione del materiale aumenta procedendo dal sotto orizzonte G1A, che presenta una minima quantità di materiale ceramico. Il livello F, con i suoi sotto orizzonti è quello più rappresentato.

Il complesso si caratterizza per la presenza (60-65% sul totale dei frammenti), di una componente di impasto molto grossolano (in alcuni casi di dimensione > 3-4 mm), con inclusi dalla forma variabile da sub-arrotondata a sub-angolare. La quantità di inerte è compresa tra il 20 e il 40%, con spessori che si aggirano tra i 5 e i 20 mm e superfici quasi sempre scabre, e più raramente semiruide. I gruppi che rientrano in questa categoria sono i gruppi di impasto C, C1,C2, D, D1. I gruppi suddetti si differenziano per la presenza di inclusi dalla forma lamellare, orientati parallelamente alla parete del frammento di colore giallo-verde, fornendo un aspetto lucente alle superfici. Essi appaiono in quantità considerevole nei gruppi C, C1 e C2, comunque sempre in quantità subordinata agli inclusi bianchi di forma granulare. I reperti dei gruppi D e D1 presentano

in grande quantità inclusi dalla forma granulare e rare lamelle dalla dimensione inferiore al millimetro; in certi casi non risolvibili con l'utilizzo del microscopio stereoscopico. Da un'osservazione delle successioni cromatiche osservate nella superficie di frattura i gruppi C, C1, C2, D presentano spesso una cottura imperfetta. Frequenti sono le strutture a sandwich, oppure la suddivisione della sezione con una parte ossidata e l'altra ridotta. Appaiono inoltre o completamente ossidati, con una colorazione rossa; o completamente ridotti, con una colorazione bruna o nera. Da segnalare inoltre che diversi frammenti, dei gruppo C e D presentano anche bruciature nella superficie esterna. Ciò può essere dovuto al contatto con il fuoco in fase di cottura, oppure al loro utilizzo come oggetti di uso domestico. Soltanto il gruppo D1, nonostante le somiglianze composizionali con i precedenti, non presenta inclusi di dimensioni maggiori di 2 mm si presenta quasi sempre ossidato e di colore rosso.

I gruppi A, A1, A2 rappresentano assieme il 27 % dei frammenti. Essi cominciano a comparire a partire dai livelli archeologici più alti, con una forte concentrazione nei livelli di F ed i suoi sotto orizzonti. I gruppo A, A1, A2 si differenziano dagli altri per la presenza di superfici lisciate di colore bruno, ed un colore grigio in superficie di frattura, a volte leggermente ossidati. Ciò potrebbe indicare la volontà, da parte del ceramista di creare un prodotto con determinate caratteristiche estetiche, e quindi la padronanza delle condizioni di cottura.

In linea generale tutti e tre i gruppi si caratterizzano per la presenza di superfici semiruide o lisce, impasti abbastanza depurati con inclusi (in quantità variabile per ogni gruppo) di tre tipi: semitrasparenti dalla forma romboedrica; inclusi granulari di colore bianco; ed inclusi di forma lamellare in quantità minime. Il grado di arrotondamento varia da sub-arrotondato a sub-angolare. Soltanto il gruppo A2 è costituito da una quantità maggiore di inclusi di tipo lamellare. Lo smagrante è presente in quantità nettamente inferiore rispetto ai gruppi precedenti (<20%), con dimensioni generalmente inferiori a 1-2 mm. Soltanto il gruppo A è costituito da un impasto molto depurato con inclusi di dimensione inferiore al millimetro e riconoscibili soltanto con l'ausilio di un apparato ottico. La forma degli inclusi è variabile da sub-angolare a sub-arrotondata; gli spessori sono compresi entro i 10 mm, salvo casi eccezionali.

Ciò lascia intendere, per i gruppi A, A1, A2, la volontà da parte del ceramista di creare un impasto più depurato e di conseguenze un prodotto più rifinito. Non è un caso infatti che

quasi tutti i reperti aventi decorazione appartengano al gruppo A. Più raramente ai gruppi A1 e A2 e ad i suoi sottogruppi. I gruppi B,E,G,H,I (con i relativi sottogruppi) compaiono sporadicamente all'interno dei livelli archeologici. Gli inclusi presenti sono simili ai gruppi precedentemente descritti ma con qualche variante a seconda del gruppo. Sono comunque presenti in quantità nettamente inferiori. Tutti assieme rappresentano soltanto 1-3 % sul totale dei frammenti. Molto probabilmente impasti di questo genere non presentavano le caratteristiche tecniche e di lavorabilità desiderate dai ceramisti, quindi scartati a favore di impasti migliori. I gruppi menzionati presentano quasi sempre superfici lisce o semiruide e sono abbastanza "depurati" con inclusi generalmente inferiori a 1-2 mm. I frammenti dei gruppi B, H e I si presentano quasi sempre ossidati con una colorazione in superficie di frattura variabile dal rosso al rosso-marrone; campioni del gruppo E sono sempre di colore bruno scuro; il gruppo G una colorazione variabile dal grigio al marrone-grigio.

Un discorso a parte meritano i gruppi F, F1,F2. Compaiono soltanto una quindicina di frammenti con caratteristiche completamente diverse da tutti gli altri. Si caratterizzano per spessori compresi tra i 5 e i 15 mm; superfici scabre ed una quantità di smagrange compresa tra il 20 e il 40%. Soltanto il gruppo F1 ha una quantità di smagrange inferiore al 20%. Le colorazione delle superfici di frattura variano dal rosso-bruno al grigio. Gli inclusi hanno generalmente un abito romboedrico e sono di forma variabile da sub-arrotondati a sub-angolare. Sono presenti in quantità variabili inclusi neri opachi, inclusi color ambra dall'aspetto vitreo, inclusi bianchi semitrasparenti ed inclusi granulari di colore bianco.

Lo studio in sezione sottile ha permesso di raggruppare i gruppi di impasto in quattro gruppi composizionali. Il gruppo PID (plagioclasio e diallagio) è composto dai campioni C2,C(1),C, E(3), PC2,C1; il gruppo QPI (quarzo e plagioclasio), è composto dai campioni E2, H, D1, PD1, E2, E(2), E1, E(1), A, A2, A1, G, G1, B1, D, B2(2), B, B2; il gruppo QSA (quarzo, sanidino e augite), è composto dai campioni F,F1,F2; il gruppo QPIC (quarzo, plagioclasio, calcite), è composto soltanto dal campione I.

Dallo studio delle sezioni sottili, sebbene i gruppi suddetti presentino delle caratteristiche granulometriche e composizionali diversificate, per i gruppi di impasto PID e QPI sono state osservati diversi aspetti in comune. In tutti i campioni si sono riscontrate quantità variabili di quarzo con granulometria inferiore a 400 µm e di forma sub-arrotondata, oltre alla presenza di plagioclasio dall'aspetto torbido a diverso stato di alterazione. I cristalli di plagioclasio, generalmente dalla granulometria grossolana (anche fino a 3mm), hanno una

forma sub-angolare/sub-arrotondata, sono il più delle volte alterati in sericite, o completamente fratturati in strutture a mosaico con inclusioni di materiale ossidato di colore rosso-bruno, oppure evidentemente deformati tanto da renderne difficile il riconoscimento.

In concentrazioni diverse, in base al gruppo di impasto, si è riscontrata la presenza di pirosseni isoorientati, identificati come diallagio in base alla loro netta divisibilità secondo il piano 100, sottoforma di minerali lamellari dalla forma sub-angolare e con granulometria variabile fino a qualche millimetro. In particolare la frazione più fine (< 400 µm) conferisce alla matrice, il più delle volta anisotropa, un aspetto micro lamellare e fluidale. Il gruppo PID si discosta dal gruppo QPI soltanto per la presenza, in quantità nettamente superiore, di grossi cristalli di diallagio, ben visibili a occhi nudo, spesso alterati in tremolite. Nel gruppo QPI compare solo la frazione granulometrica più fine mescolata alla matrice. In entrambi i gruppi compaiono sporadicamente orto pirosseni.

Il campionamento di materiale gabbriaco effettuato al Monte Ferrato, presso Prato (loc. Figline di Prato), di 3 campioni di roccia a diverso stato di alterazione (roccia ancora intatta ma con segni di alterazione, MF2; roccia completamente alterata priva di matrice ,MF3; raccolta di superficie, MF1) ha permesso di constatare l'areale di approvvigionamento della materia prima utilizzata per la realizzazione degli impasti ceramici sopra citati. Le osservazioni effettuate al microscopio petrografico hanno messo in evidenza che la roccia è costituita da grossi cristalli di plagioclasio a diversi stati di alterazione, simile a quella riscontrata nei frammenti ceramici, oltre che a cristalli di diallagio alterato in tremolite e con smescolameti di orto pirosseno tra i piani di sfaldatura. A conferma di questa osservazione c'è lo studio effettuato dal Capedri (1966), il quale descrive i tre tipi di roccia gabbriaca riscontrati presso il Monte Ferrato (gabbri ad olivina, gabbri a diallagio e gabbri a diallagio alterati). Specialmente nella sua descrizione del gabbro alterato si riconoscono le stesse caratteristiche osservate nelle sezioni dei reperti ceramici. Lo stesso Capedri aggiunge che il plagioclasio alterato spesso si fratturato e deformato da azioni dinamiche con inclusioni di sericite, clorite ed epidoto assumendo una colorazione torbida; mentre il diallagio si altera in anfibolo, della serie tremolite-actinolite- ferroactinolite; l'ortopirosseno si altera in clorite. Aggiunge inoltre che nei gabbri ad olivina, la stessa olivina si altera in montmorillonite.

La presenza dei prodotti di alterazione dei pirosseni nei frammenti ceramici è stata

confermata dalle indagini diffrattometriche effettuate sui campioni ceramici. La tremolite è stata riscontrata nei campioni C, C(1), C1, C2, PC2, PD1, E(3) e E(2), ed è sempre associata al diallagio ad eccezione del campione PD1. Le analisi XRD dei campioni hanno inoltre rilevato la presenza di clorite, ma anche di altri minerali argillosi come illite, montmorillonite e vermiculite. I campioni B2(2), F, e G hanno evidenziato la presenza di illite; il campione B, di illite e montmorillonite; il campione C, di clorite; il campione C(1), C1 ed E(3), di clorite e vermiculite; il campione PC2, di vermiculite. Le analisi ATR, dei tre campioni di gabbro a diverso stato di alterazione, prelevati in fase di campionamento, hanno rilevato la presenza di clorite, la quale aumenta sistematicamente in funzione dell'alterazione della roccia. La clorite è stata inoltre identificata come prodotto di alterazione del gabbro anche dal campionamento effettuato sul Monte Ferrato da Manganelli del Fà e Vannucci (1976), come prodotto di alterazione del pirosseno che, solo successivamente, si trasforma in vermiculite passando da un minerale argilloso del tipo clorite-vermiculite.

Tali considerazioni confermano che il Monte Ferrato era l'area di approvvigionamento dello smagrante utilizzato per la realizzazione dei gruppi di impasto composizionali PID e QPI di Via Neruda. Molto probabilmente considerando le granulometrie grossolane degli inclusi di diallagio e plagioclasio, il materiale veniva pretrattato eliminando la frazione più grossolana, oppure si utilizzava la roccia completamente alterata e ricca di minerali argillosi a reticolo espandibile come clorite e vermiculite. La presenza di questi minerali argillosi conferisce all'impasto una notevole plasticità, ma al contrario anche un ritiro considerevole in fase di essiccamento e di cottura. Per tale ragione si ricorreva all'aggiunta di uno smagrante a granulometria grossolana per diminuire l'effetto del ritiro del materiale argilloso.

Successivamente, all'impasto, veniva probabilmente aggiunta dell'argilla di origine alluvionale in quantità variabile a seconda dell'impasto.

Infatti nei campioni B2(2) e G è stata riscontrata illite, e nel campione B illite e montmorillonite. L'illite, accompagnata dalla presenza di quarzo ed in quantità minori di plagioclasio e feldspati, è probabilmente riconducibile ai depositi alluvionali presenti nelle vicinanze del sito archeologico (Manganelli del Fa e Vannucci 1976). Di conseguenza per i tipi di impasto considerati si considera una zona di approvvigionamento nelle immediate vicinanze del sito di produzione.

La analisi FT-IR hanno messo in evidenza come la concentrazione di quarzo e di plagioclasti permetta di effettuare un'ulteriore distinzione all'interno del gruppo composizionale QPl, suddividendolo in due. Il primo, denominato QPl, presenta una quantità di quarzo maggiore rispetto al plagioclasio; il secondo, denominato PlQ, una quantità di plagioclasti maggiore rispetto al quarzo. Ciò porta alla conclusione che gli impasti venivano preparati in maniera differenzialmente aggiungendo di volta in volta una quantità e un tipo di smagrante diverso all'argilla. Lo stesso avviene anche nei campioni analizzati del gruppo composizionale PID. Le osservazioni al microscopio petrografico confermano queste osservazioni. In tutti i casi considerati il quarzo appare nella frazione granulometrica più fine, ha una forma arrotondata/sub-arrotondata, tipica di sedimenti alluvionali, e presenta un'estinzione ondolata. Nel gruppo composizionale PID il diallagio e il plagioclasio sono ben visibili sia in superficie che in sezione con cristalli, dalla forma sub-angolare, che in certi casi superano i 3-4 mm. Nel gruppo composizionale PlQ invece compaiono prevalentemente cristalli di plagioclasio di forma sub-angolare, anch'essi di dimensione fino a 3-4mm. Queste osservazioni sono compatibili con i campioni di sedimento analizzati in sezione, dove il quarzo è del tutto assente. Si ricorda inoltre che in tutti e tre i gruppi compaiono minerali lamellari di diallagio dalla granulometria fine inferiore a 400 µm mescolati alla matrice.

Questo ci permette concludere che con ogni probabilità all'impasto aggiunto uno smagrante, proveniente dallo stesso affioramento di roccia gabbriaca, ma ad uno stato di alterazione diverso. Per il gruppo composizionale PID, considerata la granulometria degli inclusi, si presuppone che la roccia venisse volontariamente pretrattata in maniera grossolana e successivamente aggiunta all'argilla di impasto. Non è da escludere che visto la morfologia degli inclusi si procedesse alla frantumazione della roccia stessa. Per i gruppi composizionali QPl e PlQ invece, veniva probabilmente utilizzata la roccia alterata, caratterizzata da una concentrazione di pirosseno (ormai alterato) estremamente bassa e di granulometria fine, con prevalenza di plagioclasio a granulometria dispersa eliminando solamente la parte più grossolana. Successivamente all'argilla, in base al gruppo di impasto composizionale, veniva aggiunta una quantità di smagrante diversa. In questo ultimo caso è stato possibile constatare, sulla base dello studio del materiale, che all'aggiunta di materiale argilloso derivante da depositi alluvionale corrisponde una diminuzione degli spessori dei reperti. Infatti gli impasti più grossolani (C,D,C2)

presentano spessori nettamente superiori a tutti gli altri impasti identificati.

L'utilizzo dei prodotti di alterazione del gabbro comporta molti vantaggi specialmente per la presenza di minerali argillosi a reticolo espandibile, che migliorano le plasticità dell'impasto.

Il gruppo QPIC, si caratterizza per la presenza di frammenti di roccia calcarea. Questo significa che alla matrice argillosa di origine alluvionale veniva aggiunto anche dello smagrante volontariamente frantumato. In base alle caratteristiche geolitologiche delle aree adiacenti può essere ricondotto ad una produzione locale (Martini et alii 1996). Il gruppo QSA, composto essenzialmente da inclusi di origine ignea, viene considerato di importazione e probabilmente compatibile con produzioni ceramiche provenienti da altri siti archeologici localizzati nel sud della Toscana nella valle del fiume Fiora (Martini et alii 1996). I dati ottenuti ci permettono quindi di identificare nel materiale ceramico di Via Neruda la presenza di cinque gruppi composizionali di impasto: PID (campioni C2, C(1), C, E(3), PC2, C1), QPI (campioni E2, H, E2, E(2), E1, E(1) G, G1, B1, D, B2(2), B, B2), PIQ (campioni D, PD1), QPIC (campione I), QSA (campioni F, F1, F2).

Per i campioni A, A1, A2 e D1 non è stato assegnato a nessun gruppo composizionale di riferimento specifico in base alla concentrazione dei componenti. In ogni caso, sulla base delle osservazioni in sezione sottile, il gruppo A1 e D1 potrebbero essere associati tranquillamente al gruppo composizionale PIQ, mentre i due restanti, A e A3, al gruppo QPI.

Le prove di cottura hanno avuto come obiettivo quello di verificare se, la composizione dello smagrante, influiva nel comportamento termico dei gruppi composizionali in base alla concentrazione diversa di quarzo, plagioclasio, diallagio. Le analisi dei 4 campioni di ceramica appartenenti ai gruppi composizionali di impasto QPI (2), PIQ (1) e PID (1) hanno inoltre messo in evidenza come, sebbene il gruppo QPI presenti diallagio in tracce e mescolato alla matrice, tutti e quattro i campioni presentino delle buone caratteristiche refrattarie quando sottoposte a contatto con una fonte di calore. Infatti nessun tipo di cambiamento di fase è stato riscontrato.

La temperatura di cottura dei materiali ceramici dei gruppi QPI, PIQ e PID, in base alle osservazioni effettuate durante la sperimentazione, è da considerarsi attorno i 750-850°C. Temperatura alla quale i minerali argillosi sono già collassati. Le analisi XRD confermano il dato, essendo presenti solo riflessi molto deboli e allargati relativi ai minerali argillosi,

sintomo di un disordine strutturale all'interno del minerale argilloso. Le bande di assorbimento riscontrate all'IR relative ai moti molecolari del gruppo OH sono molto probabilmente ai residui dei minerali argillosi identificati, oppure dovute all'umidità presente nel campione o alla contaminazione dei campioni, avvenuta per porosità, in seguito all'interramento. Si ricorda che clorite, montmorillonite e vermiculite non presentano più nessun riflesso all'XRD per temperature superiori a 750-800 °C, mentre soltanto l'illite presenta dei riflessi per temperatura che si aggirano tra gli 850 e i 900 °C (Grim e Kulbicki 1961, Maggetti 1994, Maritan 2006, Caillère et al 1988). Inoltre la presenza di carbonati all'interno di alcuni campioni sottoforma di calcite di ricristallizzazione, e non sotto forma di cristallina conferma il dato. Quindi sia lo smagrante che il materiale plastico presentano delle buone caratteristiche refrattarie nell'intervallo di temperatura considerato.

Considerazioni simili sulle ragioni dello sfruttamento di questo tipo di materia prima, sono state fatte anche per ceramiche medievali di Prato (Manganelli del Fà e Vannucci 1976-77, Manganelli del Fa e Vannucci 1976), e Pistoia (Franchi e Manganelli del Fa 1985). Gli autori menzionano della presenza, specialmente a Figline di Prato, di fornaci per la fabbricazione di materiali "termoresistenti", oggi purtroppo scomparse a causa del processo di urbanizzazione che ha interessato la località.

I dati bibliografici, anche se di siti medievale, indicano chiaramente che i materiali di alterazione del gabbro venivano utilizzati per la fabbricazione di forma da fuoco, come olli e testi (Manganelli del Fà e Vannucci 1976-77, Manganelli del Fà e Vannucci 1976, Franchi e Manganelli del Fà 1985).

Essendo l'utilizzo di questo materiale riscontrato a partire da periodi ben più antiche dell'età del Bronzo, questo ci lascia supporre dell'esistenza di una tradizione, e quindi un modello dello sfruttamento delle materie prime, almeno nell'area che interessa la piana alluvionale di Firenze-Prato-Pistoia che prevedeva lo sfruttamento degli affioramenti ofiolitici di Figline di Prato, che è perdurata nel tempo fino a periodi recenti. A testimoniare le indagini archeometriche dei siti archeologici del Neolitico di Mileto e Neto (Pallecchi e Sarti 2001) ; i siti campaniformi di Querciola, Simitella, Via Bruschi (Martini et al 1996, Pallecchi 1997), di Via Leopardi (Pallecchi e Sarti 2001), di Olmi1 area B (Agostini e Briani 2008); e il siti dell'età del Bronzo di Filettole (Martini et al 1996) e Campo al Sorgo (Briani 2005).

PARTE V

*Confronto con altri contesti archeologici coevi
della regione Toscana*

9 Confronti con contesti altri contesti archeologici dell'età del Bronzo nella regione Toscana

I risultati delle analisi hanno messo in evidenza come nel sito archeologico di Via Neruda si sfruttassero in maniera sistematica gli affioramenti di origine ofiolitica nelle vicinanze di Prato. Affioramenti simili appaiono anche in altre zone geografiche della regione Toscana, sempre sottoforma di piccoli giacimenti ben localizzati nel territorio. Soltanto nelle vicinanze di Livorno, in prossimità delle Colline Metallifere, esistono diversi complessi in alcuni casi di grande dimensione. I dati ottenuti dallo studio archeometrico di questo elaborato hanno messo in evidenza come, giacimenti di questo genere venissero sfruttate in maniera sistematica per la produzione di reperti ceramici, soprattutto per le caratteristiche tecniche che il materiale gabbriaco conferiva ai manufatti ceramici. Inoltre in base alle caratteristiche geolitologiche della zona adiacente al sito, è stato possibile identificare frammenti di importazione, non appartenenti al contesto indagato.

Dato il carattere peculiare di questi tipo di produzione ceramica si è deciso quindi di confrontare i dati raccolti con siti coevi dell'area Fiorentina per ottenere un modello della dinamica tecnologica locale. Inoltre il modello risultante verrà paragonato con altri contesti archeologiche della regione Toscana per osservare le diffusione delle tecniche di produzione in area fiorentina. Si è deciso quindi di prendere in considerazione 5 contesti archeologici, riferibili all'età del Bronzo (figura).

Due di questi, Filettole (campioni F7-F9-F4) e Campo al Sorgo (campioni CS5-CS6) si trovano nella vicinanze di Prato a poca distanza dal Monte Morello; Simitella (campioni ST12-ST3), a Sesto Fiorentino; la Grotta del Fontino (campione FO20) nel Grossetano; ed infine Il Riparo della Romita (campione LR93), nel Pisano (Martini et alii 1996, Sarti e Pallecchi 2001, Briani 2005).

Tutti i campioni presi in considerazione le stesse presentano caratteristiche composizionali e strutturali dei gruppi composizionali PID e PIQ/QPI, riscontrati nel sito archeologico di via Neruda. In particolare i campioni F7, F9, ST12, ST3, CS5, FO20, LR9 appartengono al gruppo PID. I campioni CS6, ST3, F4 invece appartengono al gruppo QPI/PIQ. Di seguito viene riportata una breve descrizione.

I campioni CS6, ST3, F4 (Figura 78-79-80) possono essere associati ai gruppi QP1 o PIQ riscontrati e Via Neruda. Essi presentano una matrice di colore bruno marrone micro lamellare, caratterizzata da micro lamelle di diallagio mescolate tra di essa. Lo smagrante è essenzialmente costituito da quarzo e feldspati (plagioclasio e k-feldspato), rocce arenacee, e alcuni ossidi di ferro. Lo smagrante, dalla forma sub-arrotondata/sub-angolare presenta due classi granulometriche distinte; quella più fine (fino a 400 μm); e quella più grossolana (compresa tra 800 e 1600 μm). Si notano plagioclasii parzialmente alterati. I campioni si differenziano per un rapporto legante/smagrante diverso. Il campione CS6 appare più compatto e privo di porosità (Martini et alii 1996).



Figura 78: Figura campione CS6 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento metrico = 1mm)

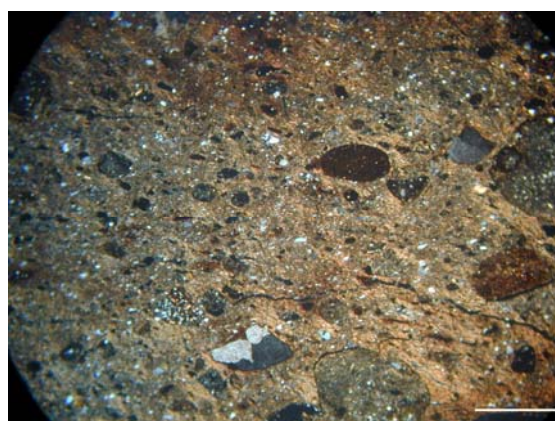


Figura 79: Figura campione ST3 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento metrico = 1mm)

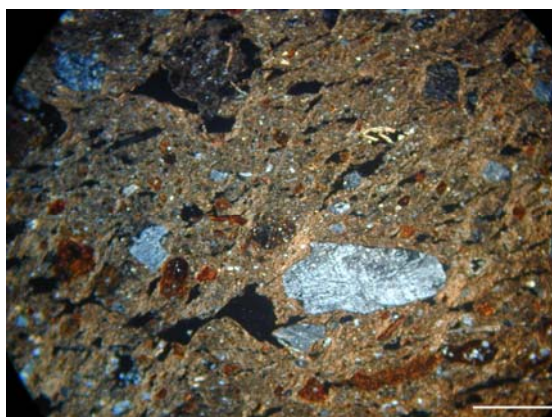


Figura 80: Figura campione F4 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento metrico = 1mm)

I campioni F7, F9, ST12, ST3, CS5, FO20, LR9 (Figura 81-82-83-84-85-86) hanno le stesse

componenti mineralogiche e possono essere associati al gruppo compositivo di impasto PID individuato a Via Neruda. La matrice presenta una colorazione che varia dal marrone-rosso al bruno e presenta una struttura micro lamellare con cristalli di diallagio, di piccola dimensione che si mescolano tra di essa. Lo smagrante ha una granulometria dispersa compresa tra pochi e 2000 μm , ed è di forma sub-arrotondata/sub-angolare. Gli inclusi sono essenzialmente plagioclasti, diallagio, orto pirosseni. Il Plagioclasio si presenta fratturato e a diversi gradi di alterazione. Il diallagio invece spesso si presenta alterato in anfibolo. Nella frazione più fine compaiono cristalli di quarzo con estinzione ondulata che si confondono alla matrice. I campioni CS5 ed F9 si differenziano per la granulometria degli inclusi inferiore rispetto agli altri campioni considerati (Martini et al 1996). Sporadicamente si nota la presenza di ossidi dalla forma granulare e di minerali opachi.

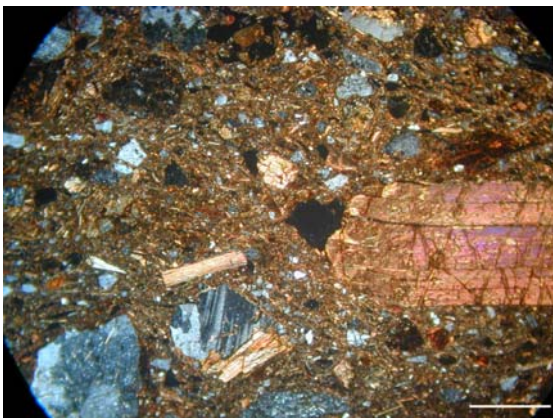


Figura 81: Figura campione F7 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento metrico = 1mm)

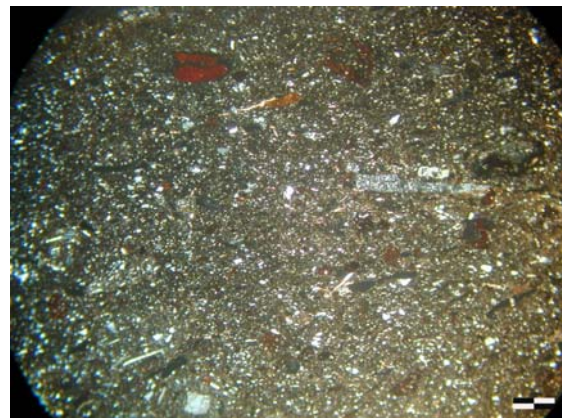


Figura 82: Figura campione F9 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 63X (riferimento bianco/nero = 200 μm)

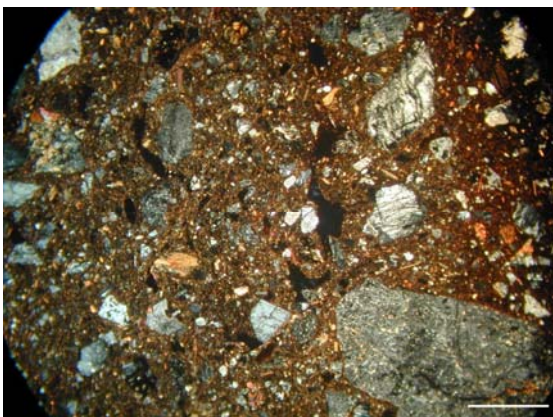


Figura 83: Figura campione FO20 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento metrico = 1mm)

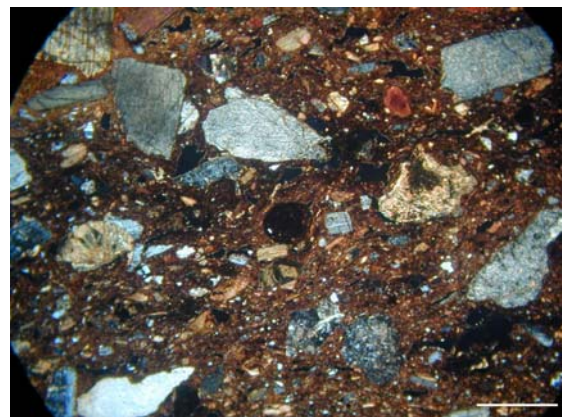


Figura 84: Figura campione RL3 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento metrico = 1mm)

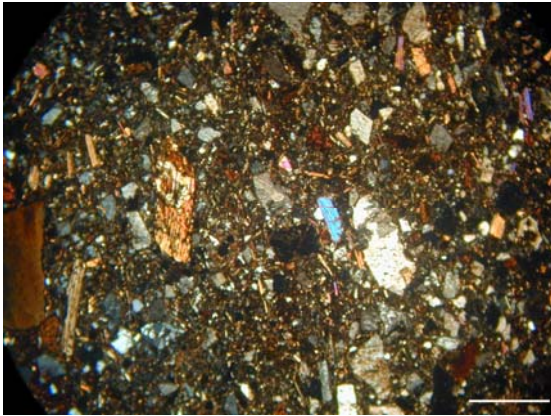


Figura 85: Figura campione ST12 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento metrico = 1mm)

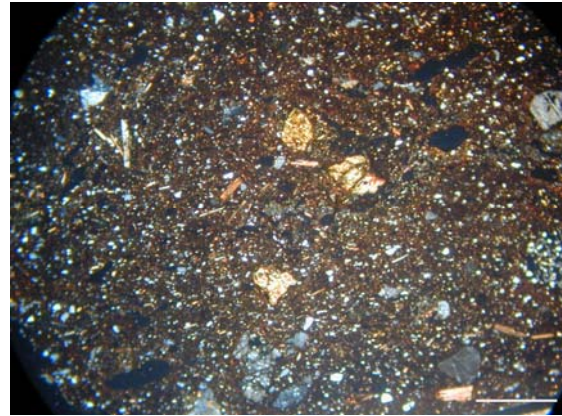


Figura 86: Figura campione CS5 eseguita a nichol incrociati con un ingrandimento di 25X (riferimento metrico = 1mm)

Dall'osservazione delle sezioni sottili si vede con chiarezza che la materia prima utilizzata per la realizzazione dei campioni considerati è di origine gabbriica, come nei campioni di Via Neruda e nei siti archeologici situati a Sesto Fiorentino. La somiglianza nella tecnica di preparazione dell'impasto, senza un particolare trattamento della materia prima e probabilmente scartando soltanto gli inclusi a granulometria più grossolana, è un altro carattere di somiglianza tra i campioni confrontati, per questo tipo di produzione ceramica nella regione Toscana. Altri aspetti comuni sono la tessitura micro lamellare della matrice e la presenza di quarzo nella frazione più fine.

La ragione della diffusione di questa tecnica di produzione è molto probabilmente da ricercare nelle caratteristiche della materia prima. Infatti i materiali derivati dell'alterazione delle rocce gabbriche, che si presentano incoerenti e ricchi di minerali argillosi e reticolo espandibile (Manganelli del Fà e Vannucci, 1976, Capedri 1966), conferiscono un elevato grado di plasticità all'impasto. Inoltre la particolare composizione di questo materiale, come dimostrato da questo lavoro di tesi, conferisce elevate proprietà refrattarie che lo rende particolarmente resistente se a contatto con una fonte di calore. Nella figura 88 seguente è rappresentata una sintesi dei principali siti archeologici dell'Età del Bronzo nella regione Toscana dove sono stati riscontrati impasti con plagioclasio e diallagio, ed il loro posizionamento rispetto agli affioramenti ofiolitici presenti nel territorio. In alcuni casi i siti si trovano anche ad una distanza considerevole dal luogo dove sono presenti gli affioramenti ofiolitici. Inoltre la presenza di affioramenti ben

circoscritti e localizzati nel territorio ci porta a concludere le popolazioni dell'epoca si spostavano appositamente per procurarsi la materia prima. Di conseguenza lo sfruttamento di materiale di origine gabbrica non è ristretto soltanto all'ambito sestese, ma anche ad altre zone della regione. Sebbene il numero di siti considerati (5) non sia molto elevato, la loro distribuzione all'interno del territorio Toscano è molto indicativa (Figura 88). Questo permette di affermare, almeno per l'età del Bronzo, la presenza di un tipo di produzione ceramica basata sullo sfruttamento di materiale gabbrico.

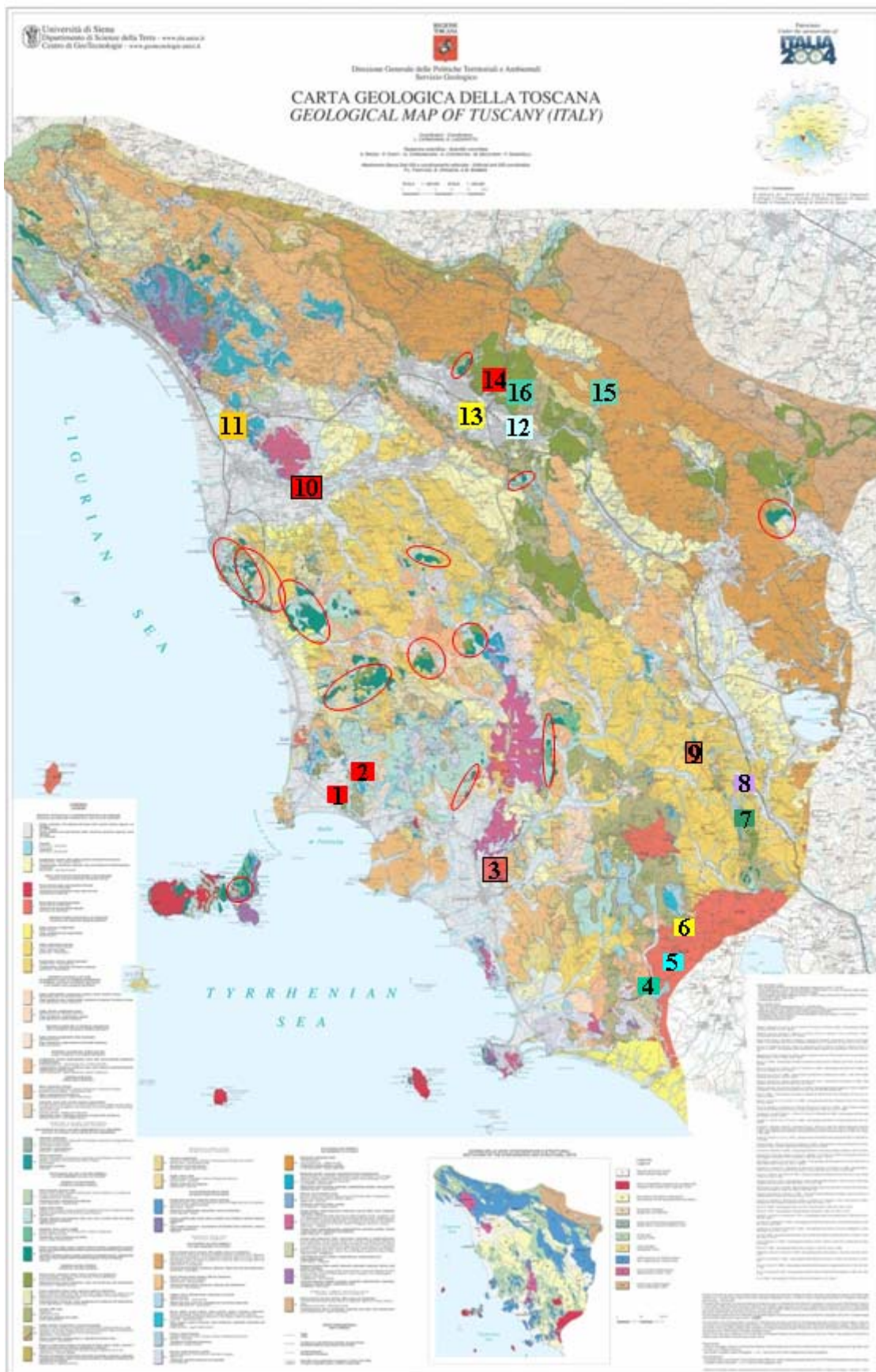


Figura 88: Mappa geologica della regione toscana con i siti archeologici dell'Età del Bronzo. In dove sono stati riscontrati impasti ceramici di tipo PID e PIQ. 1, Poggio al Mulino; 2, Villa del Barone; 3, Grotta del Fontino; 4, Poggio Buco; 5, M. Rossi; 6, Scarceta; 7, Cetona; 8, Grotta dell'Orso; 9, Pienza; 10, Riparo la Romita; 11, Candalla; 12, Campo al Sorgo; 13, Filettole; 14, Simitella; 15, Dicomano; 16, Via Neruda.

PARTE VI

Conclusioni

10 Conclusioni

Le indagini archeometriche svolte nel Sito archeologico di Via Neruda ha permesso di rilevare un modello di sfruttamento delle materia prime nel contesto della piana di sesto fiorentino. Questo studio ha dimostrato come le materia prime di origine ofiolitica venissero sfruttate in maniera sistematica come smagrante, in proporzione diversa a seconda del gruppo di impasto compositazionale, per la maggior parte dei reperti analizzati. Con ogni probabilità l'utilizzo di questa materia prime si deve alle speciali caratteristiche tecniche che possiede il gabbro a diversi stati di alterazione. Infatti la presenza di minerali argillosi a reticolo espandibile migliorava la plasticità dell'impasto, oltre che contenere inclusi dalle ottime caratteristiche refrattari. Osservazioni simili sono state ottenute per siti archeologici di epoca medievale di Prato, Figline di Prato e Pistoia che testimoniano lo sfruttamento di materiale gabbro per la fabbricazione di prodotti termoresistenti.

Inoltre lo stesso comportamento, nello sfruttamento delle materie prime, è stato riscontrato anche in altri siti archeologici della piana Sestese. Questo a conferma del fatto che nonostante la grande disponibilità di materia prima recuperabile nella piana Sestese, questi affioramenti, di piccola dimensione e localizzati geograficamente, venivano sfruttati volontariamente delle popolazioni preistoriche dell'area. Lo stesso comportamento è stato riscontrato in altri siti archeologici Toscani.

Questo dato permette di confermare l'esistenza nella regione Toscana di una tecnologia ceramica basata sullo sfruttamento di materiale di origine gabbro almeno.

Nella prosecuzione delle indagini si verificherà se lo stesso comportamento è riscontrabile nelle regioni adiacenti, oltre che determinare se esiste una correlazione tra i gruppi compositazionali individuati e la tipologia dei reperti ceramici.

Bibliografia

- Aa. Vv. ,1999. Lezioni del corso di geologia e litologia, CUSL nuova vita, Padova;
- Amiran R. 1965. The beginning of pottery making, in the near est. In *Ceramic and Man*, ed. F.R. Matston, 240-47. Chicago: Aldine;
- Aranguren B.M., Ducci S., Perazzi P, 1997. Il villaggio neolitico di Podere di Casanuova (Pontedera, Pisa). In *Rivista di Scienze Preistoriche*, vol.33, fascicolo1-2;
- Artioli G., 2010. *Scientific methods and cultural heritage. An introduction to materials science and conservation science*. Oxford university press;
- Ashley, H.E., 1909. The colloidal matter o clay and its measurement. *U.S. Geological Survey Bulletin* 338: 1-62;
- Avram M. & G.H.D. Mateescu, 1970. *La spectroscopie infrarouge et se application en chiemie organique*. Ed. Dunod, Paris;
- Agostini L. Briani F., Pallecchi P. , Sarti L. 2008. Notes on the raw materials of Bell Beaker pottery at Sesto Fiorentino. In Baioni M., V. Leonini V., Lo Vetro D., Martini F., Poggiani Keller R., Sarti L., *Bell Beaker in everyday life, Proceedings of the 10th Meeting "Archeologie et Gobelets"* (Florence-Siena-Villanova sul Clisi), May 12-15, 2006, Millenni, Firenze 2008;
- Agostini L. Briani F., 2008. Olmi 1 area B (Sesto Fiorentino, Florence): archeometric analysis of the pottery. In Baioni M., V. Leonini V., Lo Vetro D., Martini F., Poggiani Keller R., Sarti L., *Bell Beaker in everyday life, Proceedings of the 10th Meeting "Archeologie et Gobelets"* (Florence-Siena-Villanova sul Clisi), May 12-15, 2006, Millenni, Firenze 2008;
- Balducci C., 2000. La produzione ceramica dello strato 6 di Lastruccia 3 in Insedimenti ed artigianati dell'età del Bronzo in area fiorentina. Le ricerche nei cantieri CONSIAG(1996-1998), Sarti L., Martini F., a cura di, Millenni, *Studi di archeologia preistorica*, 2, Firenze, pp.80-94;
- Balducci C., Cuda M.T., Sarti L., 2000. La transizione Bronzo Antico-Medio nell'Italia centrale tirrenica: problematiche interregionali e tematiche locali attraverso alcuni casi studio toscani, in *Origini XXIX, Nuova Serie IV*, pp. 33-74;
- Baioni M., V. Leonini V., Lo Vetro D., Martini F., Poggiani Keller R., Sarti L., 2008. *Bell Beaker in everyday life, Proceedings of the 10th Meeting "Archeologie et Gobelets"* (Florence-Siena-Villanova sul Clisi), May 12-15, 2006, Millenni, Firenze;

- Beccaluva L., Piccardo G. B., Serri G., 1979. Petrology of Northern Apennine ophiolites and comparison with other Tethyan ophiolites. *Ofioliti* 4:43-66;
- Benedetto, G. E., Laviano, R., Sabbatini, L., Zambonin, P.G., 2002. "Infrared spectroscopy in the mineralogical characterization of ancient pottery." *Journal of Cultural Heritage* 3:177-186;
- Beranbò Brea M., Cremaschi M., 1995. L'indagine archeologica nelle terramare: gli scavi 1991-93 nel villaggio grande di S. Rosa di Poviglio. In *Modelli insediativi tra Alpi e Mar Nero tra V e II millennio A.C.. Atti del convegno di Verona-Lazise 1992*, Mvy, sez. scienze-uomo, 4, pp309-321;
- Bischoff H. e J. Viteri Gamboa, 1972. Pre-Valdivia occupation on the southwest coast of Ecuador. *American antiquity* 37(4): 548-51;
- Blitzer, H. 1984. traditional pottery production at Kentri, Crete: workshop, material, technique and trade. In Betancourt, P.P.(ed) *East Cretan Light on Dark Ware: Studies on a Handmade Pottery of the Early to middle Minoan period*. 143-157. University Museum Monograph 51, University of Pennsylvania: Philadelphia;
- Boileau M.C., D'Agata A.L., Whitley J., 2009. Pottery technology & regional exchange in early iron age crete. in *Interpreting silent artefact: petrographic approaches to archaeological ceramics*, ed Patrick Queen, archeopress 2009: Oxford;
- Briganti R., Ciufegni S., Coli M., Polimeni S., Pranzini G., 2003. Underground Florence: Plio-Quaternary geological evolution of the Florence area. *Boll. Soc. Geol. It.*, 122 (2003), 435-445, 8ff.;
- Bradley W.F. e Grim R. E., 1961. Mica clays minerals. In *the X-ray identification and crystal structure of clay minerals*, ed. G. W. Brindley, 208-41. Monograph. London: mineralogical society of great Britain;
- Brush C.F., 1965. Pox pottery: Earliest identified Mexican Ceramic. *Science* 149: 194-195;
- Caillèr S., Hénin S., Rautureau M., 1988. *Minéralogie des argilles*, vol 2, Masson Paris;
- Capacci, C., 1881. La formazione ofiolitica del Monte Ferrato presso Prato (Toscana). *Bollettino del R. Comitato Geologico d'Italia*, serie II, vol. II, n. 7 e 8;
- Capecchi F., Guazzone G., Pranzini G., 1975. Il bacino lacustre di Firenze-Prato-Pistoia, geologia del sottosuolo e ricostruzione evolutiva, *Boll.Soc.Geol.Ital.*, pp.637-660;

- Cattani M., 1997. Una fornace per ceramica delle terramare. In "Le terramare. L più antica civiltà Padana. A cura di Bernabò Brea M., Cardarelli A., Cremaschi M., pp. 507-515. Electa, Milano;
- Cecconi A., Cucchini P., 1986. L'antico lago di Firenze-Prato-Pistoia. Edizione del Palazzo Prato;
- Clottes J., 2002. World rock art. The Getty Conservation Institute, Los Angeles;
- Carancini G.L., Cardarelli A., Paccirelli M., Peroni R., 1996. Absolute, relative and comparative Chronological sequence. L'Italia, in Belardelli C., Peroni R., The Bronze Age in Europe and in the Mediterranean, Colloquia XIII Congresso U.I.S.P.P., 11, pp 75-86;
- Cocchi Genick D., 1997. Il Riparo delle Felci di Candalla nel quadro dell'antica età del bronzo nella Toscana settentrionale, Atti del Terzo Incontro di Studi "Preistoria e Protostoria in Etruria", Firenze, 1998, pp. 401-409;
- Cocchi Genik D., 1998. Il Campaniforme nella Toscana nord-occidentale, in: "Simbolo ed enigma. Il bicchiere campaniforme e l'italia nella preistoria europea del III millennio a.C.", Catalogo della mostra, Trento, pp. 161-163;
- Cocchi Genick D., 1996. L'antica età del bronzo in Italia centrale. Atti Convegno di Viareggio. Edizione Octavo, Firenze;
- Cocchi Genick D., Sarti, L., 2001. "Bronzo antico e medio", Atti della XXXIV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Preistoria e Protostoria della Toscana, Firenze, 29 settembre - 2 ottobre 1999, Firenze;
- Cocchi Genik D., Griffoni Cremonesi R., 1989. L'età del Rame in Toscana, Massarosa;
- Conedra C, Ercoli A., 1973. Elementi geomorfologici della piana di Firenze dedotti dalla Figura interpretazione, "l'Universo", 53, pp.255-262;
- Cremonesi R.G., 1968. La Grotta dell'Orso nel Saertano. I livelli dell'età dei metalli. Origini II: 247-331;
- Cremonesi R.G., Negroni Catacchio N., Sarti L., 2001 b. L'Eneolitico, Atti XXXIV Riunione Sc. I.I.P.P. "Preistoria e Protostoria della Toscana", Firenze 29 settembre-2 ottobre 1999, pp. 71-90;
- Cuomo di Caprio Ninnina, 2007. ceramica in archeologi 2: antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine, Roma : l'Erma di Bertschneider;
- Dal P.H e W.J. Berden, 1965. Bound water on clay. Science of ceramic 2:59;

- De Juliis E. M., 1981. L'attività archeologica in Puglia, in *Atti Taranto XXI*, pp 293-321;
- Dietler M., Herbich I., 1989. Tich Matel: the technology of Luo pottery production and the definition of ceramic style. *World archaeology*, 21: 148-164;
- Farmer, V. C., 1974. *The infra-red spectra of minerals*. London;
- Fenu P., Pizziolo G., Sarti L., Viti S., Volante N. , 2003. Elaborazioni e analisi distributive del sito di Neto - Via Verga: problemi e prospettive, in Peretto C. (a cura di), *Analisi informatizzata e trattamento dati delle strutture di abitato di età preistorica e protostorica in Italia, Origines, Progetti*, 1, Firenze, , pp. 159-172;
- Frohlich, F., 1981. Thèse : Les silicates dans l'environnement pélagique de l'océan indien au Cénozoïque. Edition du Muséum national d'Histoire naturelle ;
- Fröhlich F. and Gendron-Badou A. 2002. La spectroscopie infrarouge, un outil polyvalent. In: Miskovsky, J.C. (Ed.), *Géologie de la Préhistoire: Méthodes, techniques, applications*. Association pour l'étude de l'environnement géologique de la préhistoire, Paris, pp. 663-677 ;
- Fugazzola D. M. A. & Pellegrini E. 1999. Il complesso culturale "Campaniforme" di Fosso Conicchio (Viterbo), *Bullettino di Paleontologia Italiana* Vol. 90, serie VIII: 61-159;
- Fedeli F., 1995. Scavo di un insediamento eneolitico nel distretto minerario del Campigliese, *Atti del II Incontro di Studi "Preistoria e Protostoria in Etruria"*, II: 73-81;
- Fenu P., 2000. La produzione ceramica dello strato 7 di Madonna del Piano 1, in *Insestimenti e artigiani dell'età del Bronzo in area fiorentina. Le ricerche archeologiche nei cantieri CONSIAG(1996-1998)*, Sarti L., Martini F., a cura di, Millenni, *Studi di archeologia preistorica*, 2, Firenze, pp.110-117;
- Franchi R., Manganelli del Fa C., 1985. Scavi nell'Antico Vescovado di Pistoia: studio mineralogico petrografico dei reperti fittili, Firenze, Leo S. Olschki editore, pp 529-538;
- Grifoni R., Radi G., Sarti L., 2001 a. Il Neolitico della Toscana, *Atti XXXIV Riunione Sc. I.I.P.P. "Preistoria e Protostoria della Toscana"*, Firenze 29 settembre-2 ottobre 1999, pp. 57-70;
- Gambassini P., Marroni G., 1998. Scoperta di una cava preistorica di diaspro in Val di Farma, *Rassegna di Archeologia*, 15: 51-54;
- Grim R.E. 1965 the clay minerals concept . *American ceramic society bulletin* 44:687-72;

- Grim, R.E., 1968. Clay Mineralogy. McGraw-Hill, New York, 2nd edn.;
- Grim R.E. e G. Kublick, 1961. Montmorillonite: High temperature reaction and classification. *American mineralogist* 46: 1329-69;
- Halloway R.R., Eaton E.R., McKerrel H., 1975. The early Bronze Age Village of Tuffariello, in *Journal of Field Archaeology*, 2, pp11-81;
- Habu J., 2004. Ancient Jomon of Japan. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 332;
- Harrison R.J., 1980. The Beaker Folk. Copper Age Aarchaeology in Western Europe. London;
- Hendricks, S. B., 1942. Crystal structure of clay minerals and some properties of clays: *J. Geol.*, v. 50, p. 276-290;
- Ixer R., Vince A., 2009. the provenance potential of igneous glacial erratics in anglo-sasson ceramics from northen England. in *Interpreting silent artefact: petrographic approaches to archaeological ceramics*, ed Patrick Queen, archeopress 2009: Oxford;
- Labate D., 2001. La ceramica. Una storia millenaria. Guida alla sezione storica del museo della ceramica. Fiorano Modenese;
- Leonini V., Martini F., Pizziolo G., Sarti L.2008. Bell Beaker in the Florentine area: comments, problems and hypotheses. In Baioni M., V. Leonini V., Lo Vetro D., Martini F., Poggiani Keller R., Sarti L., Bell Beaker in everyday life, Proceedings of the 10th Meeting "Archeologie et Gobelets" (Florence-Siena-Villanova sul Clisi), May 12-15, 2006, Millenni, Firenze 2006, p. 129-137;
- Johnson S.M., Pask J.A. e J.S. Moya, 1982. Influence of impurities in high temperature reaction of kaolinite. *Journal of the American ceramic Society*, 65 (1): 31-35;
- KELLER, WD, 1964. Processes of origin and alteration of clay minerals. In: *Soil and clay mineralogy*. Chapel Hill: Univ. of N. Car. Press,,3-76;
- Kingery W.D. , H.K. Bowen, D. R. Uhlman, 1976. Introduction to ceramic. 2nd edition. New York: John Wiley;
- Klein C., "The 22nd edition of the manual of Mineral Science", 2002;
- Kuzmin Y.V., 2006. Chronology of the earliest pottery in East Asia: progress and pitfalls. *Antiquity* 80, 362-371;

- Kingery W.D. , Franch J. 1954. Fundamental study of clay. 13. Drying behaviour and plasticity properties. *Journal of the American ceramic society* 37(12): 596-602;
- Kuzmin Y.V. and Vetrov V.M., 2007. The earliest Neolithic complex in Siberia: the Ust-Karenga 12 site and its significance for the Neolithisation process in Eurasia. *Documenta Praehist.* 34, 9–20;
- Livingstone Smith A., D. Bosquet, R. Martineau, 2005. Pottery manufacturing processes: reconstitution and interpretation : International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences, University of Liège, Belgium 2-8 September 2001. Oxford: Archaeopress, BAR international series 1349;
- MacCurdy G.G., 1912. A new French cavern with Paleolithic mural engravings. *Science* 36, 269–270;
- Maggetti M., 1994. Mineralogical and petrographical methods for the study of ancient pottery, 1st European workshop on archaeological ceramics, Burragato, Grubessi, Lazzarini, Roma, 1991;
- Manganeelli del Fà C., Vannucci S., 1976. Studio mineralogico delle ceramiche di S. Salvatore a Vaiano e considerazioni sulle materie prime utilizzate. *Archeologia medievale*, III. Edizioni CLUSF;
- Manganeelli del Fà C., Vannucci S., 1976-77. I saggi archeologici nel Palazzo Pretorio di Prato. *Rassegna di archeologia medievale e altomedievale* 2-3, pp 297-322. Edizione CLUSF;
- Mannoni T. , Giannichedda E., 1996. *Archeologia della produzione*, Torino, Einaudi;
- Martini F., Pallecchi P., Sarti L., 1996. *La ceramica preistorica in Toscana. Artigianati e materie prime dal Neolitico all'età del Bronzo*, Firenze;
- Mellart J., 1964. A Neolithic city in Turkey. *Scientific American* 210(4): 94-104;
- Mellart J., 1965. Anatholina pottery as a basis of cultural synthesis. In *Ceramic and Man*, ed. F.R. Matston 218-239. Chicago: Aldine;
- Mariotti M.L., Gonnelli T., Pallecchi P., 2011. Rice chaff in ceramics from the archaeological site of Sumhuram (Dhofar, Southern Oman).. *Journal of Archaeological Science*, vol. 38, pp. 1173-1179;
- Maritan L., Mazzoli C., Nodari L., Russo U., 2005. Second iron age pottery from Este (northeastern Italy): study of provenience and technology, *applied clay sciences* 29:31-44;

- Maritan L., Nodari L., Mazzoli C., Milano A., Russo U., 2006. Influence of firing condition on ceramic products: Experimental study on clay rich in organic matter, *Applied Clay Science* 31, 1-15;
- Maritan L., Angelini I., Artioli G., Mazzoli C. and Saracino M., 2009. Secondary phosphates in the ceramic materials from Frattesina (Rovigo, North-Eastern Italy). *J. Cult. Herit.* 50, 144-151;
- Martini F, Pallecchi P., Sarti L., 1996. La ceramica preistorica in toscana. *Artigiananti e materie prime dal Neolitico all'età del Bronzo*;
- Martini F., 1998. Paleolitico superiore e il Mesolitico. In Galimberti, A. (eds.). *Il Paleolitico e il Mesolitico in Toscana*. Poggibonsi: Ed. Lalli, pp. 95-150;
- Matston , F.R., 1965. Ceramic ecology: an approach to the study of early culture of the near east. In Matston F.R (ed.) *Ceramic and Man*, 202-217. Viking fund publication in *Anthropology* 41, Methuen : London;
- Mathieson A.M., 1958. Mg-vermiculite: a refinement and reexamination of crystal structure of the 14.36-angstrom phase: *American Mineralogist*, v. 43, p. 216-227;
- Meggers B.J. e C. Evans, 1966. A transpacifuc contact in 3000 BC. *Scientific American* 214(1): 28-35;
- Modo S., Sarti L., 2000. La produzione ceramica dello strato 3E di Termine Est 2 in Insedimenti e artigianati dell'età del Bronzo in area fiorentina. Le ricerche archeologiche nei cantieri CONSIAG(1996-1998), Sarti L., Martini F., a cura di, *Millenni, Studi di archeologia preistorica*, 2, Firenze, pp. 118- 129;
- Murad, E. and Wagner, U., 1991. Mossbauer spectra of kaolinite, halloysite and the firing products of kaolinite - new results and a reappraisal of published work. *Neues Jahrbuch fu'r Mineralogie-Abhandlungen* 162 281-309;
- Niklin , K., 1979. The location of pottery manufacture. *Man* 14:436-58;
- Niklin K. 1981. Ceramic pyrometry: Two Ibiblio example. In *Production and distribution: A ceramic viewpoint*, ed. H Howard and E. Morris, 169-86. international series 120. oxford : british archaeological reports;
- Ogan E., 1970. Nasioi pottery making. *Journal of the Polynesian Society* 79:86-90;
- Orton C., P. Tyers & A. Vince, 1993. *Pottery in Archaeology* Cambridge University Press;
- Pollard A.M. and Heron C., 1996. *Archaeological chemistry*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge. 2nd Edition (2008);

- Phelps G.W. e S.G. Maguire Jr, 1956. Water as ceramic raw material . bulletin of the ameriocan ceramic society 35:422-26;
- Radina F., Sarti L., 2004. Le strutture di abitato. In Fugazzola Delpino, M.A., Pessina, A., Tiné, V. (eds.), *Le ceramiche impresse nel Neolitico antico. Italia e Mediterraneo*, Studi di Paletnologia, I. Collana B.P.I., pp. 183-208;
- Reichel-Dolmatof G., 1961. Puerto Hormiga: Un complejo prehistorico marginal de Colombia. *Revista Colombiana de Antropologia* 10:347-54;
- Rice P.M., 1987. *Pottery analysis. A sourcebook*. The University of Chicago Press, Chicago. Ed 2005;
- Renfrew C. and Bahn P., 2008. *Archaeology. Theories, methods, and practice*. 5th Edition. Thames and Hudson, New York;
- Ries, H., 1927. *Clays. Their Occurence, Properties and Uses*. Chapman and Hall, London;
- Rhodes, D., 1973. *clay and glazes for the pottery*. Chilton book company: Radnor, Pennsylvania;
- Rinne F., 1924. An X-ray investigation of some finely divided minerals, artificial products, and dense rocks. *Zeitschrift fur Kristallograohie* 60:55-69;
- Ross C. S. e Hendricks S.B., 1945. *Minerls of the montmorillonite group* . U.S. Geological Survey. Professional paper 205B: 23-79;
- Ross C.S. 1928. The mineralogy of clay , First international congress of soil scientists 4:555-56;
- Rye, O ,1981. *Pottery technology: Principle and reconstruction*. Taraxacum: Washington DC;
- Rye , O, 1976. Keeping your temper under control: materials and the manufacture of Papuan pottery. *Archaeology and physical anthropology of Oceania*, 11:106-137;
- Sarti L., Corridi C., Martini F., Pallecchi P., 1991. Mileto: un insediamento neolitico della ceramica a linee incise, *Rivista di Scienze Preistoriche*, LIII, pp. 73-154;
- Sarti L., 1985. L'insediamento Neolitico di Neto di Bolasse (Sesto Fiorentino, Firenze), *Rassegna di Archeologia*, 5, pp. 63-117;
- Sarti L. e Martini F., 1993. *Costruire la memoria*, *Archeologia preistorica a Sesto Fiorentino*;
- Sarti L. 1997a. Il Campaniforme di Neto – Via Verga a Sesto Fiorentino, *Rivista di*

Scienze Preistoriche, XLVIII, pp. 367-398;

- Sarti L. 1997b. Querciola. Insediamento campaniforme a Sesto Fiorentino, Garlatti e Razzai ed., Firenze;
- Sarti L., 1998b. Aspetti della ceramica eneolitica precampaniforme in area fiorentina. Appunti per lo studio delle relazioni culturali nel III millennio nell'Italia centrale, *Rivista di Scienze Preistoriche*, XLIX, pp 411-430;
- Sarti L., Martini F., 2001. L'Eneolitico in area fiorentina: appunti e riflessioni, in Silvestrini M., *Atti incontro di studio, Recenti acquisizioni, problemi e prospettive della ricerca sull'Eneolitico dell'Italia centrale*. Arcevia 14-15 Maggio 1999, pp 163-178;
- Sarti L., Martini F., 2001b. Strategie insediative del Campaniforme in Italia centrale tirrenica. In Nicolis, F. (eds.), *Bell Beaker Today. Pottery, people, culture, symbols in prehistoric Europe*, Proceedings of the International Colloquium Riva del Garda. Trento, Italy: 11-16 May 1998, 1, pp. 187-199;
- Sarti L., 2000. I siti dei cantieri CONSIAG nel quadro dell'età del Bronzo nell'Italia centrale, in *Insediamenti e artigianati dell'età del Bronzo in area fiorentina. Le ricerche archeologiche nei cantieri CONSIAG(1996-1998)*, Sarti L., Martini F., a cura di, *Millenni, Studi di archeologia preistorica*, 2, Firenze, pp.181-203;
- Sarti L., Martini F., 2005. Evolution des structures d'habitat du Néolithique à l'âge du Bronze dans la région de Florence. 127° Congr. Soc. Hist.et Scient. « Le travail et l'homme ». Nancy : 15-20 aprile 2002, pp. 473-480 ;
- Sarti L., Martini F., 2008. Bell Beakers and archaeological researches in the Florentine area (1982-2006). In In Baioni M., V. Leonini V., Lo Vetro D., Martini F., Poggiani Keller R., Sarti L., *Bell Beaker in everyday life*, Proceedings of the 10th Meeting "Archeologie et Gobelets" (Florence-Siena-Villanova sul Clisi), May 12-15, 2006, *Millenni*, Firenze 2008;
- Sarti L., Birtolo R., Corridi C., Foggi B., Magi M., Martini F., 1987-88. Il tumulo Eneolitico di Via Bruschi a Sesto Fiorentino, *Rivista di Scienze Preistoriche* XLI, 1-2, pp. 139-198;
- Sarti L., 1996. Cronostratigrafia del Campaniforme in area fiorentina. Dati preliminari dall'insediamento di Lastruccia, *Riviste di Scienze Preistoriche*, XLVII, 1-2, pp 239-260;
- Sarti L., Arrighi S., Balducci C., Carlini C., Filippi O., Frediani A., Leonini V., Martini F., 2001. L'epicampaniforme in area Fiorena, *Atti della XXXIV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria della Toscana*, Firenze, 29 settembre - 2 ottobre 1999, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze;

- Sarti L., Birtolo R., Corridi C., Foggi B., Magi M., Martini F., 1987-88. Il tumulo eneolitico di Via Bruschi a Sesto Fiorentino, *Rivista di Scienze Preistoriche*, XLI, 1-2, pp. 139-198;
- Sarti L., Martini F., 2002. Strategie insediative del Campaniforme in Italia centrale tirrenica, in Nicolis F. Ed., *Bell Beaker Today. Pottery, people, culture, symbols in prehistoric Europe*, Proceedings of the International Colloquium Riva del Garda (Trento, Italy), 11-16 May 1998, vol. 1, pp. 187-199;
- Sarti L., Volante N., 2002. Neto-Via Verga (Firenze): le produzioni del Neolitico tardo e finale e del passaggio all'Eneolitico, *Atti Conv. "Il declino del mondo neolitico. Ricerche in Italia centro-settentrionale fra aspetti peninsulari, occidentali e nordalpini*, Pordenone 5-7 aprile 2001, pp. 441-446;
- Pallecchi P., 1997. Analisi dei materiali. In Sarti L.: *Querciola. Insediamento campaniforme a Sesto Fiorentino*. Garlatti e Razzai, 325-331;
- Pallecchi P., 2001, Osservazioni sulle materie prime utilizzate per la fabbricazione delle ceramiche campaniformi di Sesto Fiorentino (FI). *Scienc and Technology for Cultural Heritage*, 10 (1-2), 7-9;
- Pennacchioni M., 1979. Nuovi dati e precisazioni sull'insediamento preistorico di Torre Crognola (Vulci-Viterbo), in *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., serie A*, 86: 415-433;
- Peroni R., 1962-63. La Romita di Asciano. Riparo sotto roccia utilizzato dall'età neolitica all'età barbarica, *B.I.P.*, XIV, 71-72, p. 251-442;
- Shepard A.O., 1976. *Ceramic for the archaeologist*. Washington D.C. : Carnegie institution of Washington;
- Stern T., 1951. Pamunkey pottery making. *Southern Indian studies* 3. Chapel Hill: university of North Carolina Press;
- Sears W.H. e J.B. Griffin, 1951. Fiber temperd pottery of the Southeast. In *prehistoric pottery of the eastern united states*. Ed J.B. Griffin. Ann. Arbor: University of Michigan Press;
- Sillar, B., 1997. Reputable pots and disreputable potters: individual and community choice in present-day pottery production and exchange in the Andes. In Cumberpatch C.G., e BLinkhorn P.W. (eds) *Not So Much a Pot, More A way of life: Current Approches to artefact Analysis in Archaeology*, 1-20. Monograph 84, Oxbow: Oxford;
- Solheim W.G., 1952. Oceanian pottery manufacture. *Journal of east asian studies* 1: 1-39;

- Skibo J.M., Schiffer M.B. and Reid K.C., 1989. Organic-tempered pottery: an experimental study. *American Antiquity* 54, 122-146;
- Stepionatis, V.P., 1984. Technological study of prehistoric pottery from Alabama: physical property and vessel function. In Va der Leeuw e Pritchard A.C. (eds). *The many dimension of pottery: Ceramic in archaeology and anthropology*, 79-127. *Cingula VII*, University of Amsterdam: Amsterdam;
- Tite M.S., 2001. Overview- material study in archaeology, in Brothwell, D.R. and Pollard, A.M. *handobook of archeological sciences* , Chichester: John Wiley and Sons: 443-8;
- Whitbread, I.K., 2001. Ceramic petrology, clay geochemistry and ceramic production - from technology to the mind of the potter. In Brothwell, D.R. and Pollard, A.M. *Handbook of archaeological sciences*, Chichester: John Wiley and Sons:449-59;
- Walker G.F., 1961. Vermiculite minerals. In the X-ray identification and crystal structure of clay minerals , ed. G. W. Brindley , 297-324. *Monograph* . London: mineralogical society of great Britain;
- Wahl M.F. , 1965. High temperature phase of three layer clay minerals and their interaction with common ceramic materials. *Bulletin of the American ceramic society*, 44:676;
- Weyl W.A., 1941. Phosphate in ceramics.2. Role in phosphorous in bone china. *Journal of the American ceramic society* 24(8): 245-47;
- Xiaohong Wu, Chi Zhang, Paul Goldberg, David Cohen, Yan Pan, Trina Arpin, Ofer Bar-Yosef, 2012. Early Pottery at 20,000 Years Ago in Xianrendong Cave, China, *Science*: vol. 336 no. 6089 pp. 1696-1700;
- Vandiver P.B., 1988. The implication in variation in ceramic technology: the forming of the Neolithic storage vassels in china and the near east. *Archeomaterials*, 2:139-174;
- Vandiver P.B., Vasil' S.A., 2002. A 16,000 year-old ceramic human-fi gurine from Maina, Russia. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 712, II6.9.1- II6.9.11;
- Viani A , Gualtieri A , Artioli G, 2002. The nature of disorder in montmorillonite by simulation of X-ray powder *American Mineralogist* , 87, p.966-975;
- Volante N., Barbi R., 2003. Il saggio stratigrafico a Marroneta Tonda (Scarperia). In Negroni Catacchio, N. (eds.), *Atti VI Inc. di studio Preistoria e protostoria in Etruria*. Valentano e Pitigliano: 13-15 settembre 2002;
- Volante N., 1999. Il Campaniforme di Via della Sassaiola (Sesto Fiorentino, Firenze),

Rassegna di Archeologia , 16, pp.157-171;

- Zimmerman D.W. and Huxtable J., 1971. Thermoluminescent dating of Upper Palaeolithic fired clay from Dolní Věstonice. *Archaeometry* 13, 53-57;
- Zhao C. and Wu X., 2000. The dating of Chinese early pottery and a discussion of some related problems. *Documenta Praehist.* 27, 233-239;

SITI INTERNET CONSULTATI

<http://www.alexstrekeisen.it/sedi/degradazione.php>

<http://accounts.unipg.it/~petropg/book/book.htm>

<http://www.minersoc.org/clayminm.html>

(<http://www.parcomontale.it/sperimentale/cera.shtml>).

APPENDICE

La scheda è suddivisa in quattro sezioni: nella prima sono inseriti i dati identificativi del frammento (il quadrato, il taglio, numero di scavo, il tipo di frammento ed eventualmente la forma); la parte successiva descrive le caratteristiche macroscopiche degli inclusi come il colore, la morfologia, l'aspetto, il grado di arrotondamento, le dimissioni, i rapporti quantitativi); La quarta ed ultima sezione invece descrive il tipo di frattura, eventuali trattamenti o alterazioni della superficie, la presenza e la descrizione di decorazioni, ed il tipo di porosità.

☞ Sezione 1: *Dati identificativi di scavo.*

In questa sezione sono inseriti i dati identificativi del frammento come il quadrato, il taglio, numero di scavo, il tipo di frammento (frammento di parete, di cordone, di base, di presa di... ecc.) ed eventualmente il tipo di forma individuata;

☞ Sezione 2: *Caratteristiche generali.*

La seconda sezione reca le caratteristiche generali del frammento o dei frammenti, nel caso in cui siano più frammenti incollati o aventi le medesime caratteristiche.

La prima informazione riguarda il tipo di impasto a cui il frammento è stato associato. Esso dipende dal tipo di inclusi osservati e può avere una sigla arbitraria oppure una sigla che rimandi al tipo di inclusi (ad esempio quarzo + plagioclasti=QPL). A seguire viene indicato il numero di frammenti associati all'impasto. L'associazione di un frammento al tipo di impasto sta alla base del metodo, poiché è sui raggruppamenti individuati che è stato scelto il campione di riferimento sulla quale sono state condotte analisi più approfondite.

Successivamente compare lo *spessore* che viene misurato con l'utilizzo di un calibro con precisione al decimo di millimetro. Sono stati definiti "*fini*" i frammenti dallo spessore compreso tra 0 e 5 mm; "*semifini*" quelli tra 5 e 10 mm; "*spessi*" quelli tra 10 e 15 mm; "*molto spessi*" quelli con spessore > 15 mm.

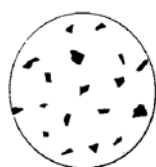
Viene inoltre indicato in un'apposita casella se il campione è un riferimento.

Le caratteristiche cromatiche e quelle indicative delle condizioni di cottura sono state definite *colore impasto e stratigrafia del colore*. La prima descrive il colore del frammento in sezione, essa può essere uniforme, oppure "a bande" nel caso in cui il

frammento presenti una colorazione disomogenea tra la superficie esterna e quella interna. La seconda invece, sulla base della successione cromatica osservate sezione, dà un'indicazione dell'ambiente di cottura nella quale il frammento è stato sottoposto a procedimento di cottura. Questa caratteristica può esprimere anche una variabilità delle condizioni di cottura, che rappresenta un indicatore importante delle conoscenze tecnologiche dell'epoca. Di conseguenza è stato utilizzato il termine "ossidato" nel caso in cui il frammento presenti una colorazione omogenea tendente al rosso, all'arancio o al marrone; "ridotto" nel caso in cui il frammento presenti una colorazione tendente al bruno, al nero o al grigio; sono stati invece utilizzati i termini "ossidato-ridotto-ossidato, ridotto-ossidato-ridotto, ridotto ossidato, ossidato-ridotto" nel caso la successione cromatica non si omogenea, ma a bande, e rappresenti una variabilità nelle condizioni di cottura .

La *granulometria media degli inclusi* è stata determinata misurando con un micrometro il diametro di alcuni minerali, facendo ben attenzione a non prendere in considerazione inclusi troppo grandi, che si discostavano in maniera significativa dagli altri, oppure troppo piccoli. Riferendoci quindi alla misura ottenuta in parte su stati suddivisi in tre classi: "omogeneo" nel caso in cui non sia visibile alcun tipo di incluso; "minuto", quando gli inclusi hanno una dimensione minore di 1 mm; "grossolano" quando gli inclusi superano i 2 mm di grandezza. Le dimissioni di inclusi vari in funzione del tipo di materia prima utilizzata e alle caratteristiche del manufatto, sono quindi un parametro tecnologico discriminante.

La *densità degli inclusi*, cioè il rapporto inerte/legante, è stato determinato utilizzando di retini comparativi. Sono stati individuati cinque intervalli di concentrazione degli inclusi come indicato nella seguente tabella.



<5%



5-20%



20-40%



40-60%

>60%

Tabella : retini di confronto per la determinazione della densità degli inclusi

L'orientamento degli inclusi descrive soprattutto il comportamento dei minerali durante la formatura del vaso. Alcuni di essi infatti si possono orientare parallelamente alla direzione di lavorazione. Essa può quindi essere preferenziale oppure assente.

L'ultima parte di questa sezione descrive le due *superfici (interna ed esterna)* del frammento. Esse vengono descritte in base alla sensazione al tatto, e possono essere un indicatore di un eventuale lavorazione della superficie, il frutto di processi di alterazione oppure la conseguenza della granulometria grossolana dell'impasto. Sono stati quindi definite superfici *lisce, semiruvide e ruvide*, descrivendo inoltre il colore della superficie in un'apposita casella.

La terza sezione cerca di descrivere in maniera esaustiva le caratteristiche degli inclusi che compongono lo scheletro del reperto ceramico. Sono stati individuati una serie di caratteri distintivi facilmente rilevabili, che in ogni caso non sono in grado di riconoscere una componente mineralogica, ma permettono di effettuare una prima distinzione degli impasti sulla base delle caratteristiche morfologiche e in base ai rapporti quantitativi degli inclusi. I diversi tipi di inclusi vengono qui descritti in base al colore, alla morfologia, l'aspetto, il grado di arrotondamento, la dimensione media ed in base rapporti quantitativi dei diversi inclusi.

Il "*colore*" è stato definito in modo generico senza utilizzare nessuna carta di riferimento cromatica. La "*morfologia*" del incluso (la forma geometrica) è stata ricondotta a tre tipi principali: "*forma romboedrica*", quando la forma del incluso riconducibile ad un poliedro (come ad esempio la calcite); "*forma lamellare*", quando gli inclusi sono costituiti dalla pelle sottili; "*forma granulare*", quando gli inclusi hanno una forma più o meno arrotondata.

L'aspetto, è stato suddiviso in base ai cinque termini principali che descrivono l'apparenza della superficie di un minerale in luce riflessa: "*lucente, vitreo, semitrasparente, opaco o terroso*".

Il "*grado di arrotondamento*" è stato determinato utilizzando uno schema di confronto (figura) editto da Shepard (1968). Gli inclusi sono stati suddivisi in "*arrotondati, sub-arrotondati, sub-angolari ed angolari*".

Le “*dimissioni medie di ogni tipo di incluso*” sono state determinate con l'ausilio di un micrometro con la precisione al decimo di millimetro, scartando i granuli aventi dimensioni troppo grandi o troppo piccole rispetto la media.

Infine *i rapporti quantitativi* descrivono l'incidenza di ogni componente mineralogica rispetto alla totalità degli inclusi. Ogni componente viene quindi definite in base della sua concentrazione relativa: “*componente principale, secondaria o in tracce*”.

- ☞ Per concludere nella quarta sezione vengono descritte una serie di caratteristiche che sono la conseguenza della composizione dell'impasto, della tecnica di fabbricazione e di vari processi di alterazione a cui materiale ceramico è stato sottoposto nel corso degli anni. Il tipo di “*frattura*” è legata alle caratteristiche fisico-tecniche del corpo ceramico: può essere definita “*netta*” quando il frammento presenta una granulometria minuta e quindi un elevato grado di compattezza; “*frastagliata*”, quando l'impasto presenta una granulometria grossolana e il frammento si rompe in corrispondenza di granuli di dimensione maggiore. Inoltre le fratture possono verificarsi su “*giunzione*”, un esempio possono essere gli elementi di presa aggiunti successivamente la creazione del vaso , oppure su “*colombino*”. La “*porosità*”, viene determinata e quantificata in maniera soggettiva utilizzando i termini: “*bassa, media, elevata*”.

Per concludere vengono indicate una serie di caratteristiche della superficie del frammento che sono il frutto, come detto in precedenza, di eventuali trattamenti superficiali ad opera del ceramista (*lisciatura, ingobbiatura, steccatura o a spazzola*), oppure la conseguenza di processi di alterazione chimica o biologica (*corrosione*), a processi di erosione meccanica (*abrasione*) oppure la conseguenza di piccole spaccature o fenditure (*fessurazioni*) dovute ad un'errata proporzione del rapporto legante smagrante ha causato ritiri eccessivi in fase di essiccamento di cottura.

Riassunto

“Le produzioni fittili tra il Bronzo Antico ed il Bronzo Medio nell’area Toscana e l’influenza delle risorse naturali locali sulle tecniche di fabbricazione e sulle caratteristiche dei manufatti”

L'attuale conoscenza dei manufatti ceramici ad oggi recuperati nell'area di Sesto Fiorentino, non ha ancora sufficientemente spiegato le relazioni esistenti tra le risorse naturali disponibili e le conoscenze tecnologiche dell'epoca. Le analisi petrografiche, in diffrazione ai raggi X e FT-IR delle ceramiche rinvenute nel sito archeologico di “Via Neruda” (Sesto Fiorentino), hanno rivelato la presenza di cinque gruppi composizionali di impasto; uno composto principalmente da quarzo ed in misura minore da albite (QPI); uno composto da albite con quarzo in quantità secondaria (PIQ); e uno composto da diallagio, plagioclasti e quarzo (PID). I gruppi QSP (quarzo, sanidino, pirosseni) ed il gruppo QPIC (quarzo, plagioclasti, carbonati) rappresentano quelli con quantità minori frammenti. I gruppi PIQ e PID, che costituiscono il 65-70% dei frammenti considerati, in base ai risultati del campionamento effettuato al Monte Ferrato (Prato), sono da attribuirsi ad un approvvigionamento locale delle materie prime riconducibili allo sfruttamento degli affioramenti di gabbro nell'ambito del complesso ofiolitico del vicino Monte Ferrato. I gruppi QPI, QPIC sono prevalentemente riconducibili al materiale di origine alluvionale della piana di Firenze-Prato-Pistoia contenute ancora tracce del materiale gabbroico sopra indicato. Il gruppo QSP, caratterizzato dalla presenza di componenti vulcaniche, anche in base a confronti con produzioni alto laziali e della toscana meridionale, si ritiene fabbricato con materiali riconducibili all'area Tosco-Laziale. Le prove di cottura, accompagnate da analisi in diffrazione X e FT-IR sui gruppi composizionali QPI, PIQ e PID, effettuate ad una temperatura di 700 e 900 °C in atmosfera ossidante, non hanno rivelato evidenti variazioni portando a considerare temperature di cottura comprese tra 700 e 850°C. Ciò è confermato dalla presenza, osservata in sezione sottile, di calcite non

alterata da azioni termiche e dall'assenza di minerali argillosi (le tracce di questi minerali osservate in XRD e FT-IR può essere dovuta a tempi di cottura non sufficienti ad una totale trasformazione della componente argillosa o depositi nella porosità di componenti argillose provenienti dal terreno di giacitura. L'assenza di particolari variazioni derivanti dalle prove di cottura indica, in particolare composizionali per i gruppi PIQ, PID e QPI buone caratteristiche refrattarie che sicuramente hanno avuto un ruolo importante nella scelta di queste materie prime. Le caratteristiche tecnologiche di questa materia prima, particolarmente adatta per la fabbricazione di manufatti ceramici, sono testimoniate da un costante utilizzo, sia nell'età del Bronzo sia nei periodi successivi, pur essendo disponibile in modesti affioramenti. La scarsa disponibilità di questa materia prima insieme alla vasta diffusione di impasti ceramici fabbricati con questo materiale indicano, già nell'età del bronzo, scelte tecnologiche molto accurate, diffusione delle conoscenze tecnologiche e una conoscenza capillare del territorio a livello regionale.

Abstract

“Fictile products between the Early Bronze Age and the Middle Bronze Age in Tuscany and the influence of local natural resources on the manufacturing techniques and on the characteristics of the artefacts”

The current knowledge of the ceramic artefacts found to date in the area of Sesto Fiorentino has not yet fully explained the relations existing between the available natural resources and the technological knowledge of the period. The petrographic analyses, employing X ray diffractometry and FT-IR, of the ceramics found on the “Via Neruda” archaeological site (Sesto Fiorentino) revealed the presence of five mix composition groups; one composed mainly of quartz and in a minor quantity of albite (QPI); one composed of albite with quartz in minor quantity (PIQ); and one composed of diallage, plagioclase and quartz (PID). The QSA groups (quartz, sanidine, augite) and the QPIC group (quartz, plagioclase, carbonates) represent the ones with lesser quantities of fragments. The PIQ and PID groups, that form 65-70% of the fragments taken into consideration, in accordance with the result of the sampling carried out on Monte Ferrato (Prato), can be attributed to a local provisioning of raw materials from the gabbro outcrop within the ophiolitic complex of the nearby Monte Ferrato. The QPI and QPIC groups are prevalently retraceable to material of alluvial origin of the Florence-Prato-Pistoia plain still containing traces of the above-mentioned gabbro material. The QSA group, characterised by the presence of volcanic components, even according to comparisons with productions from upper Latium and southern Tuscany, is considered to be made of materials retraceable to the Tuscany-Latium area. The firing tests, accompanied by X-ray diffraction and FT-IR analysis on the composition groups QPI, PIQ and PID, carried out at a temperature of 700 and 900°C in an oxidizing atmosphere, did not reveal any noticeable variations, leading us to consider firing temperatures between 750 and 800°C. This is

confirmed by the presence, observed in thin section, of calcite unaltered by thermal action and by the absence of clay minerals (the traces of these minerals observed in XRD and FT-IR may be due to firing times insufficient for the total transformation of the clay component, or to presence in the pores of the artefact of clay deposits from the site of origin. The absence of particular variations resulting from the firing tests, particularly for the composition groups PIQ, PID and QPI, indicates good refractory characteristics that certainly had an important role in the choice of these raw materials. The technological characteristics of this raw material, particularly suited for making ceramic artefacts, are confirmed by its constant use, both in the Bronze Age and in later periods, even though only modest outcrops were available. The limited availability of this raw material together with the wide distribution of ceramic mixes made of this material indicate, in the Bronze Age, very accurate technological choices, widespread technological knowledge, and a thorough knowledge of the territory at regional level.

ù

Resumo

"As produções cerâmicas entre Antiga Idade do Bronze e Média Idade do Bronze na área da Toscana e a influência dos recursos naturais locais nas técnicas de fabrico e nas características dos artefactos"

A actual conhecimento dos artefactos cerâmicos até hoje achados na área arqueológica de Sesto Fiorentino, ainda não explicou suficientemente as relações existentes entre os recursos naturais disponíveis e as conhecimentos tecnológicas da época. As análises petrográficas com difractometria de raios X e FT-IR das cerâmicas achadas no sítio arqueológico de "Via Neruda" (Sesto Fiorentino), revelaram a presença de cinco grupos composicionais de impaste: um composto principalmente por quartzo e, em menor medida, por albite (QPI); um composto por albite com quartzo em quantidade secundária (PIQ); e um composto por diálgio, plagioclase e quartzo (PID). Os grupos QSA (quartzo, sanidina, augita) e o grupo QP1C (quartzo, plagioclase, carbonados) representam os com quantidade menor de fragmentos. Os grupos PIQ e PID, que constituem o 65-70% dos fragmentos estudados, de acordo com os resultados das amostragens feitas no Monte Ferrato (Prato), são relacionáveis ao abastecimento local de matérias primeiras ligadas a exploração dos gabros no âmbito do complexo ofiolítico do cercano Monte ferrato. Os grupos QP1 e QP1C sono maioritariamente atribuíveis ao material gábrico já mencionado. O grupo QSA, caracterizado por a presença de componentes vulcânicas, também de acordo com paralelos feitos com produções do alto Lazio e da Toscana meridional, é ligado a produções específicas da área Tosco-Laziale. As experiências de cozimento, acompanhadas por análises com difractometria de raios X e FT-IR sobre os grupos composicionais QPI, PIQ e PID, efectuadas a temperatura de 700° e 900° C em atmosfera oxidante, não revelaram grandes variações, levando a considerar para as cerâmicas analisadas temperaturas de cozimento compreendidas entre os 750° e os 800° C. Isso é

confirmado por a presença, observada nas lâminas delgadas, de calcita não alterada por ações térmicas e por a ausência de minerais argilosos (as traças destes minerais observadas com XRD e FT-IR pode ser devida a tempos de cozimento não suficientes para uma total transformação da componente argilosa, ou reconduzível a depósitos, na porosidade, de componentes argilosas provenientes do terreno de jazida). A ausência de particulares variações que derivam das experiências de cozimento, indica para os grupos P1Q, P1D e QP1 boas características refractárias que certamente tiveram um papel fundamental na escolha destas matérias primeiras. As características tecnológicas desta matéria primeira, particularmente boa para a realização de matérias cerâmicas, são testemunhadas por uma constante utilização, quer na Idade do Bronze, quer em sucessivos períodos, aliás sendo disponível em recursos pequenos. A pouca disponibilidade desta matéria primeira, juntamente com a vasta difusão de cerâmica feita com este material, indicam, desde a Idade do Bronze, escolhas tecnológicas muito cuidadosas, uma difusão das conhecimentos tecnológicas e uma conhecimento pormenorizada do terreno a nível regional.

